



К

9
2013

НЗЖ И ВММХ







НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В.Клещенко
Главный художник
А.В.Астрин

Редакторы и обозреватели

Б.А.Альтшулер,
Л.А.Ашкинази,
В.В.Благутина,
Ю.И.Зварич,
С.М.Комаров,
Н.Л.Резник,
О.В.Рындина

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 4.9.2013

Адрес редакции

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

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 — XXI век» обязательна.

© АХО Центр «НаукаПресс»



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина
НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Ханса Тиманна «Борьба». Беды,
с которыми мы боремся, — они внутри
нас или вне? Читайте об этом в статье
«Антиалкогольные аллели».*

*Иногда нам кажется,
что в этом мире жить невозможно.
Но больше нигде.*

Джон Керуак

Содержание

| | | | |
|--|------------|-------------------------|----|
| Технологии | | | |
| ОПТИКА — МЕДИЦИНЕ: НОВЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ. Д.А.Рогаткин | 2 | | |
| Страницы истории | | | |
| МИКРОСКОП ГЛАВЫ ШИФРОВАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ. О.Ф.Тихомирова | 8 | | |
| Гипотезы | | | |
| БИОАКУСТИКА РАСТЕНИЙ: ПОПЫТКА РОЖДЕНИЯ. Н.Л.Резник | 14 | | |
| Проблемы и методы науки | | | |
| АНТИАЛКОГОЛЬНЫЕ АЛЛЕЛИ. Е.Клещенко | 18 | | |
| Интервью | | | |
| НАУКА ПРОТИВ ПЬЯНСТВА. С.А.Боринская | 22 | | |
| Нанофантастика | | | |
| КОЕ-ЧТО О МАРКЕТИНГЕ. Елена Жидкова | 24 | | |
| Биогенез | | | |
| ПРОИСХОЖДЕНИЕ МЕМБРАН И МЕМБРАННОЙ БИОЭНЕРГЕТИКИ. М.А.Никитин | 26 | | |
| Научный комментатор | | | |
| ЦИАНИД ИЛИ ЦАРСКАЯ ВОДКА. Т.В.Никитина | 30 | | |
| Расследование | | | |
| ЗОЛОТО НЕЧИСТОЕ — ЗОЛОТО ЧИСТОЕ. Н.А.Паравян | 31 | | |
| Элемент №... | | | |
| КАДМИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев. | 32 | | |
| Здоровье | | | |
| ЧТО-ТО ТАМ В ПОТУ. С.Анофелес | 36 | | |
| Образование | | | |
| ШКОЛА ПЛЮС ЕГЭ — МОЗГ МИНУС ФИЗИКА. Л.Хатуль | 38 | | |
| Книги | | | |
| УКРОТИТЕЛЬ СТАЛЬНОЙ АКУЛЫ. А.Н.Иванов..... | 43 | | |
| Ученые досуги | | | |
| О ПСИ-ФУНКЦИИ СТУДЕНТА И ПРИНЦИПЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЗНАНИЙ. Михаил Никитин | 44 | | |
| Другие вещи | | | |
| ЖИВУЩАЯ В ВЕКАХ. М.Демина | 46 | | |
| Расследование | | | |
| ЦВЕТ ЭТОЙ ЧЕРТЫ. Л.Намер | 52 | | |
| Что мы едим | | | |
| ДЫНЯ. Н.Ручкина..... | 54 | | |
| Фантастика | | | |
| РОЗА БЕКХАЙМА. Алексей Притуляк | 56 | | |
| Прогулки по истории химии | | | |
| ОТ ПРОЖЖЕННЫХ ШТАНОВ К САХАРИНУ. И.А.Леенсон | 64 | | |
| В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ | 6 | КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ | 62 |
| ИНФОРМАЦИЯ | 13, 25, 43 | ПИШУТ, ЧТО... | 62 |
| КНИГИ | 37, 61 | ПЕРЕПИСКА | 64 |

Оптика — медицине: новые методы диагностики

Доктор
технических наук
Д.А.Рогаткин

Медицина — физике

Физики по праву гордятся своей наукой. Однако немногие знают, что на заре развития науки в ее создании активно участвовали врачи. И самих врачей называли «физиками», от греческого *physis* — «природа». Еще в XVIII—XIX веках органы управления здравоохранением в Петербурге и Москве именовались «физикатами», а в английском языке до сих пор «врач» — *physician*.

Гален (ок. 130 — ок. 200) заложил основы науки о теплоте, ввел понятия «температура» и «градус». Термин «электричество» придумал Уильям Гильберт (1544—1603) — лейб-врач королевы Елизаветы I. Французский врач Жан Луи Пуазейль (1799—1869) исследовал законы движения крови в сосудах и сформулировал их в виде важных физических формул, его именем названа единица измерения динамической вязкости жидкости — пуаз. Жан-Бернар-Леон Фуко (1819—1868), врач по образованию, измерил скорость света в воде и сконструировал тот самый маятник, с помощью которого было доказано вращение Земли вокруг оси. Юлиус Роберт фон Майер (1814—1878) свое первое открытие сделал в медицине, в 27 лет, когда работал корабельным врачом. Он открыл зависимость цвета крови от насыщения ее кислородом (разный цвет артериальной и венозной крови) и исследовал изменение этого цвета в зависимости от окружающей температуры. Он также стал одним из основоположников закона сохранения энергии.

Среди самых знаменитых физиков XIX века — Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц (1821—1894). Однако первоначально он получил медицинское образование и защитил диссертацию, посвященную строению нервной системы. Физикой он увлекался в свободное от медицины время, но очень быстро его работы по закону сохранения энергии стали известны физикам всего мира. Рассматривая электричество и магнетизм, он указал на их связь с биологией



и медициной и заодно вывел выражение для ЭДС индукции. В 1849 году Гельмгольц получил должность профессора кафедры физиологии Кенигсбергского университета; там он написал книгу «Физиологическая оптика», которая стала основой всей современной физиологии зрения.

Наконец, Томас Юнг (1773—1829), врач по образованию и по профессии. По части физики за ним числятся основы волновой теории света и теории упругости (модуль Юнга), по части медицины — дальтонизм, названный, правда, по имени физика Дальтона, у которого этот дефект и был обнаружен. Но это уже детали. Попутно: Юнг научился читать в два года, к 14 годам владел 10 языками, включая персидский и арабский. Позже научился играть почти на всех музыкальных инструментах того времени, а еще он выступал в цирке как гимнаст и наездник!

Физика возвращает долг

Но примерно с конца XVIII века, с открытия электричества, все большую роль в развитии медицины начинают играть физики, математики и инженеры. В 1808 году при Московском государственном университете (тогда Императорском) появляется первое в мире медико-физическое общество — «Общество соревнования врачей и физических наук». Ныне специалистов по медицинской физике готовят практически все крупнейшие вузы мира. Распространяется идеология «evidence-based medicine», доказательной медицины, которая отражает проникновение в медицину строгих физико-математических мето-



1
Различные модели
пульсоксиметров

дов анализа результатов исследований. Развиваются мультидисциплинарные исследования по биофизике, фотобиологии, геной инженерии, теории сложных психофизиологических систем.

Оптика — всего лишь одна из частей физики, но заметим, что многие из перечисленных выше работ врачей-физиков касались изучения именно оптических явлений. Явления, связанные с распространением света, разнообразны, соответственно и «оптик» в физике несколько: фотометрия, геометрическая и волновая оптика, оптическая спектроскопия, нелинейная оптика, квантовая оптика. Разнообразны и оптические приборы и методы, применяемые в медицине как с лечебными, так и с диагностическими целями. Эта статья — именно о медицинской диагностике; именно здесь физики вернули свой долг врачам и даже создали новые области в медицине.

Прежде чем приступать к лечению, надо понять, чем болен пациент, изучить особенности протекания болезни именно у него. Большинство анализов выполняются при участии оптических методов. Любой осмотр проводится с помощью уникального природного оптического прибора — глаза врача. Лабораторные исследования образцов крови и других биологических препаратов — это спектрофотометрия и оптическая микроскопия. О роли микроскопа в биологии и медицине рассказывать, наверное, не надо. Развитие методов фотометрии и люминесцентного спектрального анализа обогатило уже биохимические методы исследования, где требуется



2
Пример лазерного когерентного томографа для офтальмологии

количественная оценка содержания в биологических жидкостях тех или иных биомолекул и их комплексов.

Различные биологические молекулы по-разному взаимодействуют со светом разных длин волн. Избирательное поглощение синей части спектра артериальной кровью обеспечивает ее алый цвет. По поглощению света разных длин волн в сложных биохимических растворах можно определять наличие и концентрацию различных отдельных составляющих — билирубина, гематина и т. д. Люминесцентный анализ регистрирует свет с определенными длинами волн, переизлученный после поглощения атомами и молекулами исследуемого вещества. Спектры люминесценции многих биологических молекул таковы, что по ним можно обнаружить вещество при концентрации порядка 10^{-10} моль/литр или менее.

Создание гибких многожильных световодов, передающих изображения, позволило врачам заглянуть внутрь живого человека. Это методы оптической эндоскопии. Но иногда без залезания внутрь можно обойтись. Кожа и слизистые оболочки органов частично прозрачны, хотя там происходит рассеяние на границах неоднородностей, и картинка получается замутненной. Но все мы видели покраснение кожи при ожогах и побеление пальцев на холоде — изменения в кровенаполнении мелких кровеносных сосудов. Значит, анализируя это оптическое явление, можно попытаться получить информацию о состоянии человека. Именно это последнее направление под общим названием «оптическая неинвазивная диагностика» — самое молодое и перспективное на сегодня.

Уравнения в коже, как в Солнце

Это действительно новое диагностическое направление, оно появилось примерно в середине 1980-х годов, когда стали доступными персональные компьютеры, световоды и лазеры. Не-

которые его методы схожи с методами лабораторной спектрофотометрии и люминесцентного анализа, но освещению и последующему изучению здесь подвергаются не образцы крови или отдельные фрагменты биотканей, а непосредственно живые ткани — тело пациента. Благо свет при не слишком большой его яркости безвреден.

Наш организм по отношению к лучу света — оптически мутная среда. Поэтому для обработки результатов измерений нужны серьезные методы физики и математики, а именно методы теории переноса и рассеяния света в мутных средах. Они пришли в медицину из астрофизики (теория переноса излучения в звездах), а теперь успешно развиваются в биомедицинской оптике. Оказалось возможным не только оценивать изменение силы и спектра рассеянного в тканях света, то есть проводить спектрофотометрию, но и регистрировать плотность рассеивателей (неоднородностей) в тканях по глубине, а также вычислять доплеровский сдвиг частоты света при рассеянии света на том, что движется, — на эритроцитах, лейкоцитах и т. д. и, стало быть, оценивать скорость движения крови и ряд других параметров гемодинамики в мелких сосудах кожи и слизистых оболочек органов.

С точки зрения врача, процедура проста: поднести к обследуемому участку тела пациента оптический датчик (световод), затем считать показания с экрана компьютера. По световоду к пациенту подводится излучение (как правило, монохроматическое, лазерное), и по световоду же рассеянный и отраженный пациентом свет возвращается в прибор. Там он преобразуется в электрический сигнал, который обрабатывает программа. Это позволяет в реальном времени наблюдать изменения биохимических и морфологических показателей у пациента и корректировать с их учетом ход курса лечения.

Оптическая неинвазивная диагностика решает десятки задач. Это дифференциальная диагностика в дерматологии и

хирургии, контроль нарушений периферического кровообращения, мониторинг ожогов, гнойных процессов, оценка оптической неоднородности ткани на предмет поиска опухолевых процессов и многое другое. Сегодня интенсивно развиваются несколько направлений такой диагностики — лазерная когерентная и диффузионная томография, флуоресцентная диагностика, лазерная доплеровская флоуметрия и ряд других направлений. Наиболее развиты методы оптической пульсоксиметрии, позволяющие измерять частоту пульса и содержание в артериальной крови фракций гемоглобина, насыщенных кислородом (сатурация). Последнее стало возможным благодаря открытию того самого врача-физика Майера — цвет крови зависит от насыщения ее кислородом. Быстрая и неинвазивная оценка сатурации очень важна в задачах реаниматологии и анестезиологии.

Вот реальные приборы

Датчики пульсоксиметров сегодня встраивают во все модели прикроватных мониторов. Когда увидите в кино бегущий график «биений сердца» на экране монитора и крупные цифры, а на пальце у пациента некую «прищепку», знайте: вам показывают оптическую пульсоксиметрию. Но можно встретить на рынке и отдельные приборы разных фирм, даже маленькие «прищепки» с маленьким экраном (рис. 1).

Далее идут методы лазерной когерентной томографии — сканирование верхних слоев тканей и построение их послойных 3D-изображений с пространственным разрешением в $5-10$ мкм. В офтальмологии, например, можно детально исследовать сетчатку глаза на предмет морфологических нарушений в ее строении, а для слизистых оболочек органов, скажем, в гастроэнтерологии (при эндоскопических обследованиях) — выявлять злокачественные новообразования на ранних стадиях. Наиболее широко применяются офтальмологические томографы (рис. 2). Только в США их сегодня около двух с половиной тысяч, и на них выполняют ежегодно около 15 миллионов диагностических процедур.

Родственный метод — оптическая диффузионная томография. Это тоже зондирование неоднородностей в структуре тканей, только пространственное разрешение грубее, а проникновение в ткани глубже, поэтому можно обследовать, например, молочные железы у женщин, выявляя уплотнения и новообразования. Один из таких томографов-маммографов (CTLM) создается и проходит сегодня испытания в США (рис.3).

Серьезными возможностями обладают методы неинвазивной флюоресцентной диагностики. Их основной областью применения считается онкология, однако многие гнойные, ожоговые и другие подобные процессы в тканях также сопровождаются изменением флюоресценции. В этой области можно выделить два направления. Одно — это контрастирование опухолей экзогенными (вводимыми извне, например внутривенно) флюоресцирующими веществами для определения локализации новообразований. Пример такого прибора — интраоперационный флюоресцентный микроскоп FL-400 фирмы «Leica Microsystems GmbH» (Германия) — представлен на рис. 4. Там же показаны вид через окуляр обычного (справа) и флюоресцентного (слева) изображений операционного поля. Красная флюоресценция — опухоль.

Другое направление — создание более чувствительной аппаратуры, реагирующей на слабую эндогенную (природную) флюоресценцию клеток



3
Оптический диффузионный томограф CTLM



4
Флюоресцентный интраоперационный микроскоп FL-400



5
Оптический неинвазивный анализатор билирубина «Билитест»



6
Прибор контрастирования вен фирмы «AccuVein»

ткани. Этот метод позволяет исследовать накопление в тканях природных флюорохромов — флавиновых ферментов, эластина, порфирина и т. п., что важно для функциональной диагностики в эндокринологии, дерматологии и других областях медицины.

Неинвазивные методы спектрофотометрии могут использоваться для определения содержания в тканях определенных веществ, например жира (жиромеры), билирубина (билирубинометры). В России сегодня для этих целей производится прибор «Билитест» (рис.5).

Ежегодные всемирные научные конференции по оптической неинвазивной диагностике, такие, как «Photonics West», доносят до нас сведения о разработке и других методов и приборов, например для неинвазивного определения содержания в тканях холестерина и сахара в крови. Последнее направление особо привлекательно для страдающих сахарным диабетом, так как больные избавляются от необходимости ежедневно прокалывать себе кожу на пальцах. Сложности физико-математического плана не позволили пока создать реальные приборы для диабетиков, однако можно предполагать, что вскоре такие приборы появятся.

Интересное применение оптическим методам нашла недавно фирма «AccuVein Inc.» (США). Ее прибор контрастирует вены в коже пациента и позволяет медсестрам легко и быстро выбрать место для ведения иглы в вену (рис. 6). Принцип его работы весьма интересен: он оценивает наличие вен по поглощению света в инфракрасной области спектра, и красным лазером быстро прорисовывает картинку расположения этих вен в интересующей врача области.

Особенно эффективны оптические методы для диагностики расстройств периферического кровообращения в системе микроциркуляции крови. Множество заболеваний связано с расстройством микрогемодинамики, начиная с диабета и заканчивая онкологией и артериальной гипертензией. А кровь, особенно гемоглобин крови в разных его фракциях, имеет характерные оптически свойства, которые хорошо



7
Лазерные приборы фирмы «Moor Instruments» для диагностики системы микроциркуляции крови

детектируются. Поэтому функциональная диагностика системы микроциркуляции крови — обширная и хорошо развитая область, где используются лазерная доплеровская флоуметрия, оптическая тканевая оксиметрия, фотоплетизмография и ряд других методов. И лазерные доплеровские приборы, и оптические тканевые оксиметры уже серийно выпускают в США, Англии, Швеции, Японии, России. На рис. 7 — лазерные приборы фирмы «Moor Instruments Inc.» (Великобритания) для диагностики системы микроциркуляции крови.

Что делают в МОНИКИ

В 2005—2010 годах РФФИ выделил Московскому областному научно-исследовательскому клиническому институту им. М.Ф.Владимирского (МОНИКИ), где работает автор этих строк, два гранта на изучение проблем создания эффективных приборов для оптической диагностики. Исследования проводились на основе комплексного биотехнического подхода, разработанного в свое время школой профессора В.М.Ахутина, — в работе участвовали как врачи, биофизики и физиологи, так и физики, инженеры, программисты. Было показано, что можно создать универсальный прибор, который одновременно выполняет оптическую тканевую оксиметрию, лазерную доплеровскую флоуметрию и флюоресцентную диагностику.

Одно преимущество понятно: не надо покупать много приборов. Есть и другая выгода, чисто биологическая. Для исследования системы микроциркуляции крови часто применяют функциональные нагрузочные тесты — тест с охлаждением кожи, с нагреванием, тест с артериальной окклюзией и др. Цель — создать нагрузку на систему микроциркуляции и по ее реакции определить наличие нарушений. Однако повторное применение нагрузок и соответственно поочередное применение разных приборов искажает ситуацию — организм тоже не дурак и успевает адаптироваться. Поэтому хорошо бы получить все данные за один раз. И по результатам выполнения первого гранта РФФИ совместно с ООО «НПП



8
Многофункциональный лазерный диагностический комплекс ЛАКК-М

"ЛАЗМА"» мы создали уникальный многофункциональный лазерный диагностический комплекс ЛАКК-М, позволяющий решать эти задачи путем объединения четырех диагностических технологий в одном приборе (рис.8).

Менделеев бы заинтересовался...

...если не как химик, то как метролог! Потому что второй проект РФФИ касался метрологических аспектов диагностики. При количественном определении содержания в тканях того или иного вещества, например сахара в крови, надо знать погрешность. А этот вопрос для оптических неинвазивных методов изучен слабо. В классической метрологии используют образцовые (эталонные) средства измерений — собственно измерительные приборы либо эталонные меры и образцы, хранящие и воспроизводящие с высокой точностью какое-либо значение измеряемой величины. Всем известны эталоны метра, килограмма и т. д. В оптике эталоном часто служат единицы силы света, единицы коэффициентов отражения, преломления... Эти меры создаются и хранятся в каждом государстве, и за ними следят специальные службы. Периодически делается межгосударственная сверка этих мер и, если нужно, их корректировка, это обеспечивает единство измерений во всех странах. Но в области наших методов образцовых средств измерений, мер и эталонов пока не создано. Только для пульсоксиметров существуют более-менее аттестованные меры, имитирующие пульсовую волну крови. Для других диагностических методов таких мер нет ни в одной стране мира. Соответственно, очень сложно определить погрешность измерений для приборов — не с чем сравнивать результаты.

Оценку точности измерений можно было бы проводить в сравнении с данными классических лабораторных анализов. Для оптической томографии можно брать биопсийный материал, делать гистологические срезы и сравнивать картинку томограммы с данными гистохимического анализа. Но для многих методов, например для оптической тканевой оксиметрии — определения сатурации оксигемоглобина в смешанной крови микроциркуляторного русла, — такой возможности нет. Лабораторные оксиметры позволяют путем забора пробы крови измерить сатурацию у испытуемого. Но вне организма кровь контактирует с воздухом, и насыщение кислородом, естественно, изменяется. Вдобавок кровь берут из одного конкретного сосуда с сильной стрессовой нагрузкой на него, а оптическим методом сатурация определяется в нормальных физиологических условиях, незаметно для организма, и как среднее по всему артерио-венозному руслу в зоне обследования. Произвести без стресса забор всей и именно той крови, что находилась в зоне «досягаемости» оптического оксиметра, с соблюдением точного соотношения между ее артериальной и венозной компонентами, очень трудно. Поэтому говорить о точном знании действительных значений сатурации можно только с натяжкой.

Решить эту задачу помогли теоретические представления о величине ряда показателей в норме и об их изменении во время выполнении физических упражнений. Для каждого из этих тестов в теоретической физиологии известны диапазоны, в которых меняются параметры микрогемодинамики, а значит, можно калибровать приборы в относительных единицах изменения этих величин. После этого стало возможным создание рабочих имитационных мер, хранящих и воспроизводящих эти величины. Эти меры, созданные в МОНИКИ, юридически еще не являются образцовыми



ТЕХНОЛОГИИ

(эталонами), потому что они не аттестованы аккредитованной Росстандартом лабораторией. Да и лаборатории такой для методов оптической диагностики пока нет. Но зато они позволяют с определенной степенью точности судить о погрешностях и ошибках измерений.

Было установлено, что для любых неинвазивных спектрофотометрических методов относительная погрешность измерений сегодня составляет не менее 30% от среднего значения измеряемой величины. Это большая погрешность, если речь идет, скажем, о сахаре в крови. Но она приемлема для многих практических приложений в функциональной диагностике системы микроциркуляции крови с использованием нагрузочных тестов. Различия в состоянии «норма/патология» с использованием тестов часто доходят до 60% и более. Другой важный факт — параметры, измеряемые оптическими методами, сильно меняются как у одного индивида, так и от человека к человеку. Изменчивость доходит в ряде случаев по уровню среднего квадратического отклонения до 50% от среднего значения параметра в группе пациентов (испытуемых). А это означает, что две группы испытуемых (норма/заболевание) могут оказаться неразличимы на практике. Поэтому, когда в каких-либо публикациях или диссертациях, основывающихся на новом методе или лекарстве, вам встретятся победные заключения о различиях, обнаруженных неинвазивными оптическими методами при СКО в группах на уровне 10% и менее, — задумайтесь о достоверности таких утверждений...

Тем не менее методы оптической диагностики предоставляют врачам огромные возможности для измерений без вторжения в организм. Ключевой сдерживающий фактор их развития сегодня — проблемы метрологии, отсутствие эталонных средств измерений. Эти проблемы пока не решены нигде в мире, но они, очевидно, принципиально разрешимы на современном уровне развития науки. А значит — будем оптимистами — и в России.



Металлические звезды

Найдены звезды, концентрация свинца, циркония и иттрия на поверхности которых в тысячи раз больше, чем на Солнце.

Агентство «AlphaGalileo», 30 июля 2013 года

В американской фантастике 50—60-х годов часто встречается сюжет, когда первопроходец находит планету, аномально богатую тяжелыми металлами, после чего к ней начинают тянуть грязные лапы всяческие пираты и беспринципные галактические дельцы. Открытие астрономов из Армагской обсерватории в Северной Ирландии показывает, что подобные аномалии действительно возможны. Три года назад они нашли звезду LS IV-14-116, на поверхности которой было в десять тысяч раз больше циркония, чем на поверхности Солнца. А теперь найдены еще две звезды, HE 2359-2844 и HE 1256-2738, в той же мере обогащенные свинцом. Кроме того, у первой из них также имеется десятикратное превосходство над Солнцем в иттрии и цирконии. Не будет ничего удивительного, если рядом окажется планета с такими же аномалиями состава.

Все эти звезды принадлежат к классу голубых субкарликов: их размер в пять раз меньше солнечного, зато температура в семь, а яркость в семьдесят раз больше. Есть мнение, что они получаются при взрыве массивной звезды, с которой уносится весь водород, остается только гелиевое ядро с высокой температурой горения. Третья находка позволяет вывести из этого класса специальный подкласс субкарликов, богатых тяжелыми металлами.

Авторы открытия выдвигают оригинальную гипотезу: по их мнению, давление света в таких звездах столь велико, что оно собирает тяжелые элементы в своего рода облака в верхних слоях звезды. В частности, толщина свинцового облака составляет 100 км, и весит оно 100 млрд. тонн. Почему тяжелые металлы оказываются сверху, а не тонут в гелии, как положено более тяжелому веществу под действием тяготения, авторы умалчивают, но упоминают, что очень много про жизнь синих субкарликов мы еще не знаем.

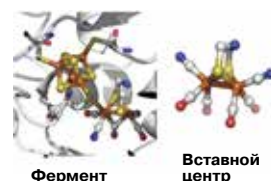
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Фермент для водорода

Синтетический катализатор разлагает воду не хуже природного.

«Nature Chemical Biology», 11 августа 2013 года; doi: 10.1038/nchembio.1311

Водородная энергетика считается весьма дружелюбной к окружающей среде: при сгорании H_2 дает только H_2O , поэтому водородные энергетические установки, что в доме, что в автомобиле, не будут загрязнять городской воздух. Но у медали есть оборотная сторона: сегодня не существует никаких иных источников энергии для получения водорода по приемлемой цене и в количестве, достаточном для замены углеводородного топлива, кроме атомных электростанций. Тот факт, что водород получают электролизом (то есть с огромным расходом электричества), сам по себе существенно обесценивает всю идею водородной энергетике. Однако есть обходной путь — биологический: живые существа весьма умело отделяют водород от воды с помощью фермента гидрогеназы



У гидрогеназы есть активный центр, состоящий из двух атомов железа, соединенных мостиком из дитиолатов. В клетке бактерии этот центр синтезируется отдельно, затем его подхватывает фермент-посредник, доставляет к молекуле гидрогеназы и встраивает в нужное место. Воспроизвести этот процесс пытались многие биотехнологи, и все же никому не удавалось сделать что-то мало-мальски пригодное для практического использования. А вот исследователи из Германии, Франции и Швеции во главе с Томасом Хаппе из Рурского университета в Бохуме, уже не первый год работающие над этим вопросом, просто смешали сделанный химическим путем аналог железного центра с белком-предшественником гидрогеназы, который охотно синтезирует кишечная палочка, — и получили бурную реакцию выделения водорода. Если источником энергии для работы фермента был свет, то в минуту выходило 30 микромолей H_2 на миллиграмм фермента, а если им служил пируват (его окисление в дыхательном цикле Кребса снабжает клетку энергией), то почти 80 мкмоль. Поскольку процессы биосинтеза белков с использованием кишечной палочки хорошо отлажены, находка может привести к безэлектролизному получению водорода.

Кстати, у другого важнейшего для жизни фермента — молибденовой нитрогеназы (это участник биофиксации атмосферного азота) — тоже есть отдельно синтезируемый и встраиваемый в предшественник фермента центр, содержащий два атома металла — железо и молибден. Если бы ученые и для него нашли схожую реакцию, у процесса синтеза аммиака Габера — Боша, требующего высоких давлений и температур, появился бы сильный биотех-конкурент.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

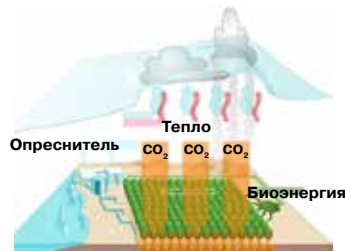
Озеленение пустынь

Три процента аравийской пустыни, засаженной кустарником, захоронят весь углекислый газ, выбрасываемый автомобилями в Германии за год.

«Earth System Dynamics», 2013, 4, 237-251; doi: 10.5194/esd-4-237-2013

Оказывается, у климатологов, озабоченных глобальным потеплением, есть план Б на случай, если не сработает план А — сокращение выбросов углекислого газа. Этот запасной план предусматривает крупномасштабное изъятие парникового газа из атмосферы. Некоторые предлагают закачивать газ в пустоты горных пород (создавая таким образом бомбу замедленного действия — вырвавшись из хранилища, тяжелый газ будет стелиться по земле и за минуты удушит всех животных, обитающих в низинах). А более здравомыслящие специалисты предлагают обратиться к средству, миллиарды лет применяемому для утилизации углекислого газа — к фотосинтезирующим организмам.

В частности, группа немецких биологов, климатологов и экономистов подсчитала последствия и стоимость озеленения пустынных земель, не пригодных для выращивания съедобных культур. Анализ флоры показал, что лучше всего использовать кустарник *Jatropha curcas* из семейства молочайных — из него получается прекрасный биодизель, а орошать его придется опресненной морской водой. При текущих ценах утилизация тонны углекислого газа с помощью кустарника обойдется в 42—63 евро, что вполне сопоставимо с улавливанием и захоронением его техническими методами, требующими сложных конструкций. Всего один гектар утилизирует до 25 тонн CO_2 в год, а работает он 20 лет. После этого кустарник надо срубить, а ветки сжечь (при этом немало углекислого газа вернется назад, в атмосферу, но зато будет получена энергия для питания опреснительных станций) либо превратить в предметы длительного пользования. С учетом того, что площадь пустынь составляет примерно 20% от площади суши, возможности для такого озеленения большие. Остается неясным, не приведет ли массивное орошение к засолению почвы и как быть с изменением местного климата: покрытая зеленью пустыня станет меньше нагреваться, над ней появятся облака и пойдут дожди, что нарушит привычный для аборигенов ритм жизни. Но главное потенциальное препятствие — отсутствие интереса к проекту и недостаток финансирования. Ну да это нам известно еще по советским временам, когда группа академика Кабанова с помощью своих полиэлектродитов закрепляла ползучие каракумские пески и сажала там саксаулы — ни к какому масштабному озеленению пустыни эти опыты не привели.



Знакомый свист

Дельфин и через двадцать лет вспомнит песню друга детства.

«Proceedings of the Royal Society of London B», 2013, 280, 1768, 20131726; doi: 10.1098/rspb.2013.1726

Джейсон Брак, аспирант Чикагского университета, изучил записи о происхождении 53 дельфинов из шести зоопарков и океанариев, которые входят в один консорциум по разведению этих млекопитающих в неволе. Затем он записал призывные свисты всех животных (это характерный для каждого дельфина свист, который позволяет его опознавать). А потом ездил из зоопарка в зоопарк и прокручивал записи дельфинам. Их реакция зависела от того, знали они раньше того дельфина, чей свист воспроизводил громкоговоритель, или нет. Если не знали, то реакция была сдержанной. А если это был старый друг, то дельфин приходил в возбуждение, начинал издавать призывные свисты и пытался добиться от громкоговорителя содержательного диалога. Причем даже длительная разлука — в некоторых случаях два десятка лет — не мешала узнаванию.

Зачем дельфинам нужна столь долгая память о предыдущих встречах — непонятно: они не отличаются привязанностями, с легкостью, много раз в течение жизни переходят из одной группы в другую, завязывая каждый раз новые социальные связи. Коль скоро они запоминают всех, с кем встречались ранее, значит, объем их памяти должен быть весьма велик. Впрочем, большой объем памяти может оказаться просто следствием развития сложного мозга.

«Мы догадываемся, что характерные свисты служат чем-то вроде имени. Теперь я хочу выяснить, действительно ли, услышав знакомый свист, дельфин представляет себе образ другого дельфина, как это делаем мы, когда слышим чье-то имя», — говорит Джейсон Брак.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Защита из моря

Пигмент морской бактерии добавят в крем от загара.

Агентство «AlphaGalileo», 6 августа 2013 года

Ультрафиолет с большой длиной волны, 350—475 нм, особенно опасен тем, что проникает глубоко в кожу. А именно там находятся клетки, способные давать злокачественную опухоль — меланому. Кремы против загара, основной компонент которых — белый пигмент диоксид титана, в значительной степени отражают ультрафиолет, но фармацевты этим не удовлетворены. Им хочется иметь пигмент, надежно поглощающий такие лучи. Работа, проведенная норвежским внедренческим центром SINTEF по заданию компании «Промар АС», позволяет решить эту задачу.

Многие годы норвежские ученые собирали бактерий, живущих в Тронхеймском заливе. Общая черта этих бактерий — способность поглощать свет с разными длинами волн, отчего «цветение» воды придает заливу весьма красочный вид. Предприниматели озадачили биологов вопросом: а нет ли у них в коллекции бактерии, поглощающей длинный ультрафиолет? Оказалось, есть: *Micrococcus luteus*. Ее клетки содержат пигмент сарцинаксантин из класса каротиноидов с поглощением именно в нужном диапазоне длин волн. Дальнейшее было делом техники: генетическую конструкцию, обеспечивающую синтез сарцинаксантина, выделили, встроили его в другой микроорганизм и за два года научились выращивать последний в лабораторных условиях. Теперь исследователи переходят к промышленному выращиванию в ферментерах. В случае удачи фармацевты получат очень нужный им пигмент: норвежская компания уверена, что проблем со сбытом этого вещества у них не будет.

Эта новость может быть интересна и тем, кто ищет жизнь на Марсе: считается, что ее там нет из-за стерилизующего действия ультрафиолета. Но если на Земле есть микроорганизм, приспособившийся делать пигмент для поглощения такого света — явно либо для защиты от него, либо чтобы использовать его энергию, то отчего это невозможно для инопланетного микроорганизма? В который раз встает вопрос: отчего бы не изучить Марс в ультрафиолете и не посмотреть, нет ли там каких-то аномалий с отражением или поглощением этих лучей.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Общение без затрат

Из устройств, у которых нет батареек можно сделать систему связи

Агентство «NewsWise», 13 августа 2013 года.

Наш мир заполнен рукотворной энергией — это всепроникающие электромагнитные волны от радио- и теле-трансляций, от передатчиков сотовых телефонов. Уже придумали, как использовать эту дармовую энергию для питания электричеством всяческих датчиков вроде систем контроля деформации мостов или кровяного давления. Теперь же энергию электромагнитных волн приспособили для передачи информации. Это сделали инженеры из университета штата Вашингтон во главе с доцентом Шьямом Голлакотой.

Согласно их идее, электронное устройство, оснащенное пассивной антенной, сможет ловить радиоволну, а затем ее отражать. Но отражать не постоянно, а создавать сигнал из точек и тире, как в азбуке Морзе. Этот сигнал поймает другое устройство и, расшифровав его, предпримет какие-то действия, причем ни передающее, ни принимающее устройства не будут тратить «свою» энергию на связь. Исследователи уже воплотили идею в кремнии и прочих материалах, создав несколько устройств, которые при приеме или отправке информации мигали светодиодами.

Опыты проводили в Сиэтле на различных расстояниях от телебашни. Оказалось, что и в десяти километрах сигнал достаточно силен. А для обмена сигналами со скоростью один килобайт в секунду расстояние между датчиками не должно превышать 45 см в помещении и 75 см на улице. В планах авторов расширить область применения своей идеи и от системы связи для лишенных батареек датчиков перейти к смартфонам: дать им возможность посылать текстовые сообщения даже после того, как батарейка разрядится.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Атака на мотылька

Для борьбы с вредителем полей предлагают использовать вирус.

«Journal of Invertebrate Pathology», 2013, 112 (2), 184--191

Инсектициды — это неизбежное зло: без них нет урожая, а с ними получается загрязнение окружающей среды и уничтожение безвредных, а то и полезных насекомых. Иное дело биологические методы защиты, нацеленные на конкретного вредителя и безвредные для всех остальных, в том числе для находящихся на вершине пищевой цепочки. Много таких способов предлагали ученые — тут и хищники вроде божьих коровок, и осы-паразиты, тут и всевозможные бактерии. Теперь очередь дошла и до вирусов.

Биологи из совместной французско-эквадорской группы искали управу на гватемальского картофельного мотылька и выявили-таки убийственный для него грануловироз, обитающий в двенадцати разных странах, то есть практически повсеместно. На опытной делянке он уничтожил за два-три дня 98% гусениц этого мотылька и еще пятерых столь же вредных мотыльков. А для человека, растений и насекомых-опылителей вирус безвреден. Если наладить производство такого препарата, латиноамериканскому крестьянину, хорошо знающему жизненный цикл мотылька, останется только вовремя развести в воде белый порошок да опрыскать посевы. Поскольку вирус быстро мутирует, у мотылька немного возможностей привыкнуть к нему.

Интересно, а специфические вирусы, уничтожающие энцефалитного клеща, в природе существуют?

Микроскоп главы шифровальной службы

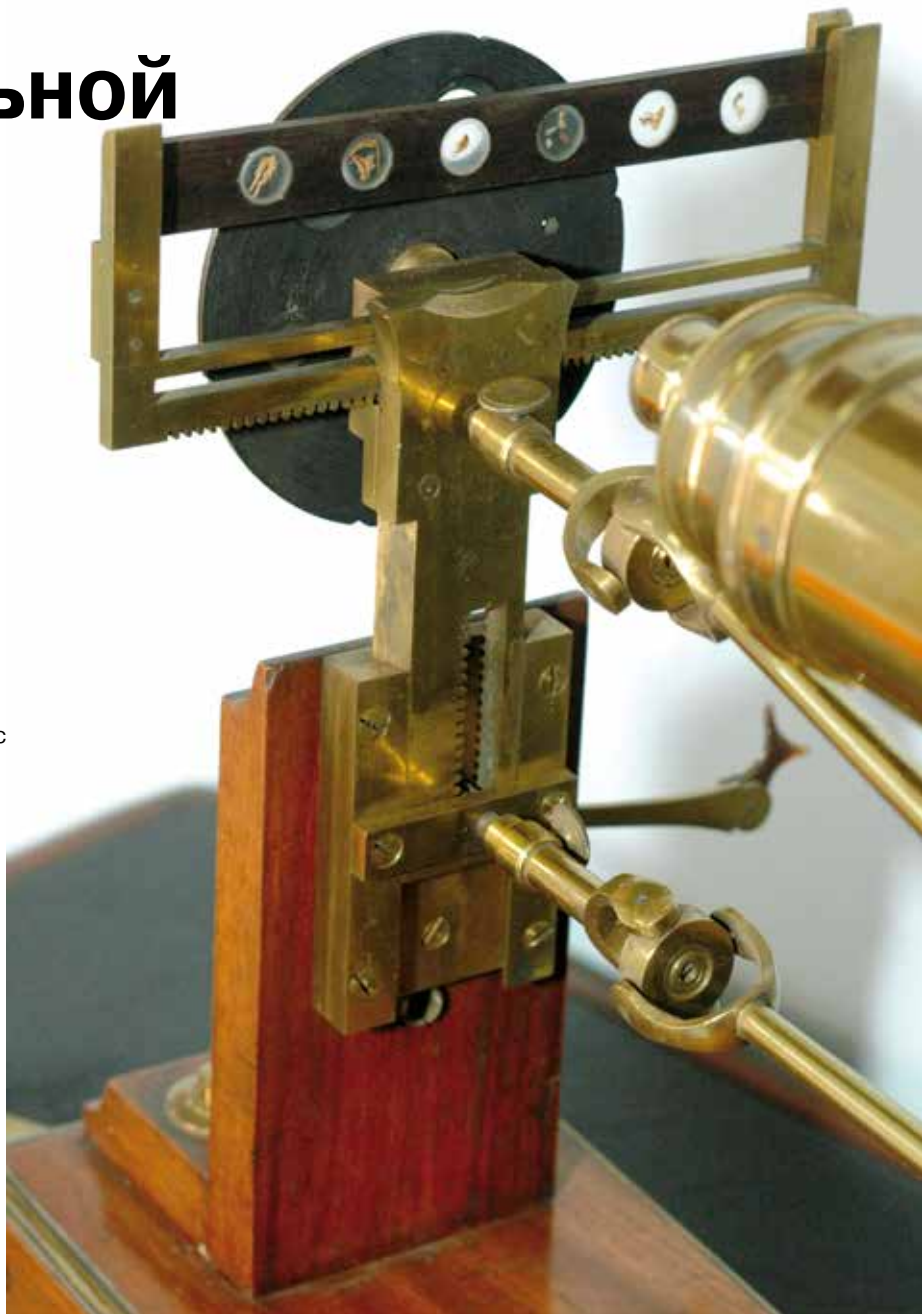
О.Ф.Тихомирова,
Политехнический музей

*Всякое полезное изобретение
представляет собой сокровище,
принадлежащее всему человечеству,
а не его изобретателю, который
был бы не прав, претендуя
на исключительное право владения им.*
Ф.У.Т.Эпинус

Наверное, мы так и не узнаем, как выглядел Франц Ульрих Теодосиус Эпинус (1724—1802), российский академик, член нескольких европейских академий, более тридцати лет возглавлявший шифровальную службу Коллегии иностранных дел Российской империи. Видимо, он зашифровался настолько, что не сохранилось ни одного портрета или карандашного наброска с его изображением. Множество лже-Эпинусов, но настоящих — ни одного. Тем не менее его имя навсегда вписано в историю науки и техники благодаря его классическим работам по электричеству и ахроматическому микроскопу, конструкцию которого он придумал. «Мой новый микроскоп если и не заставит немедленно отказаться и забыть все те, которые существуют в настоящее время, то спустя немного лет нельзя будет найти никого, кто бы пользовался иными микроскопами, чем изобретенный мною». Франц Эпинус был прав, но, к сожалению, не дожил до этого триумфа. Путь нового микроскопа в науку оказался отнюдь не прямым и совсем не коротким.

Классик науки

Жизнь Эпинуса с ее неожиданными крутыми поворотами вполне могла бы стать сюжетом для увлекательного авантюрного романа. Как писал В.К.Новик в «Краткой биографической хронике»,



требуется обширный экскурс в историю естественных наук и самой Академии наук, в историю шифровального дела, российской дипломатии и разведки, в историю и методологию народного образования, в историю царского двора и даже в историю Реформации, чтобы всесторонне изучить деятельность этого человека.

Франц Эпинус родился 13 декабря (по старому стилю) 1724 года в Германии, в Ростове маркграфства Мекленбург, и был пятым, последним ребенком в семье профессора-теолога Ростокского университета Франца Альберта Эпинуса (1673—1750). Семья была большая,

дружная, с традициями, с огромной библиотекой, с домашними музыкальными вечерами. Разумеется, молодой человек получил хорошее классическое образование, начиная с лучших домашних учителей и заканчивая философским и медицинским (естественно-научным) курсами в Ростокском и Йенском университетах. В результате к 24 годам — степень доктора философии, доктора медицины и ученое звание магистра, дающее право преподавать. Кроме того, выработались привычка к бесконечному и неустанному труду для получения новых знаний, умение формировать и отстаивать свою точку зрения, что, не-

сомненно, пригодилось в дальнейшем.

К тридцати годам Франц Эпинус — член Королевской прусской академии наук, где получает под свое начало Берлинскую обсерваторию, одну из лучших в то время обсерваторий мира. А через два года, в 1757-м, благодаря рекомендациям Леонарда Эйлера, С.Котельникова и С.Румовского, его принимают в Санкт-Петербургскую академию наук на место академика Г.В.Рихмана, погибшего во время исторического эксперимента по установлению электрической природы молнии.

В России Ф.Эпинус продолжает много и плодотворно работать в различных областях физики и астрономии. По наследству от Рихмана ему достались научные проблемы, связанные с электричеством. В 1757—1759 годах он открывает пирозлектрические явления в кристалле турмалина — возникновение электрического поля в кристаллах при изменении температуры, устанавливает факт поляризации веществ в электрическом поле, изготавливает первый электрофор и плоский конденсатор со стеклянной пластиной и показывает, от каких параметров зависит его электрическая емкость. О том, что нагретые кристаллы турмалина притягивают частицы пепла и соломинки, пытливые умы знали еще в доисторические времена. Теперь этот наблюдаемый факт получил объяснение. Сегодня мы знаем, что турмалин — классический диэлектрик, способный самопроизвольно поляризоваться при нагреве. Изменение температуры всего лишь на один градус порождает в кристалле электрическое поле с напряженностью 400 В/см. Но тогда, в середине XVIII века, это было открытием.

В те же годы Эпинус впервые экспериментально и математически исследует силовые линии магнитного поля. Изучая силы взаимодействия между зарядами, он предположил, что их величина зависит от расстояния по закону обратных квадратов. Плодотворная гипотеза Эпинуса дала верное направление исследованиям в этой области, которые более чем через двадцать лет (1784) завершил Шарль Кулон. Его знаменитый закон «сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними» сегодня известен каждому школьнику из курса физики.

Свои фундаментальные исследования по электричеству и магнетизму Ф.Эпинус оформил в вид трактата «Опыт теории электричества и магнетизма», который вышел в свет в 1759 году, а дискуссия по поводу пирозлектричества и свойств турмалина заняла свое место на страницах «Сборника различных мемуаров о турмалине», выпущенного в 1762-м. Ни одна из работ Санкт-Петербургской академии

наук середины XVIII века, кроме работ Л.Эйлера, не имела такого могучего резонанса, и общее признание поставило Эпинуса в ряд «классиков науки».

В эти же годы меняется окружение ученого: его представляют великой княгине Екатерине Алексеевне, с которой у него завязывается многолетняя дружба. Она не прекратилась и после восхождения ее на престол в 1762 году.

Дружба и госслужба

Незаурядные личности притягиваются друг к другу, и вскоре Эпинус стал учителем Екатерины Алексеевны по классу физики и математики, был приближен ко двору, что сыграло не последнюю роль в поворотах его карьеры. В 1760 году параллельно со службой в Академии его назначают обер-профессором (главным инспектором классов) Сухопутного шляхетского кадетского корпуса. «Именно в эти годы работы в элитарном учебном заведении с широким социальным спектром воспитанников ему удалось найти методы обучения, эффективные в условиях России второй половины XVIII века», — пишет В.К.Новик. Этот ценнейший педагогический опыт позволил Эпинусу впоследствии подготовить план введения в России государственной системы народного просвещения, которая долгое время оставалась одной из лучших в мире.

Тем временем Эпинус получил еще одного августейшего ученика — 12 февраля 1765 года выходит указ Екатерины II: «...профессора Эпинуса разсудили мы <...> употребить при учении великого князя Павла Петровича». Эпинус умел ладить с людьми, нашел он подход и к наследнику престола. Он читал ему лекции по физике, астрономии и анатомии с различной степенью углубленности в предметы вплоть до двадцатипятилетия Павла. А потом знакомил с основами естествознания и вторую супругу Павла Петровича — Марию Федоровну. Начальный курс этих лекций Эпинус поместил в единый рукописный том с многочисленными красочными иллюстрациями, озаглавив его «De la Physique». Павел всегда относился к своему учителю с

глубочайшим почтением, даже после восшествия на престол.

Но создается впечатление, что упомянутый выше указ был своего рода дымовой завесой, маскирующей следующий «секретный» указ от 22 марта того же года о зачислении Франца Эпинуса в Коллегию иностранных дел и его назначении главой шифровальной службы Российской империи. В этой беспокойной должности Эпинус проработал почти тридцать три года, до своей добровольной отставки в 1797 году.

Почему выбор пал на Эпинуса? Конечно, дружба с Екатериной, несомненная личная преданность ей и вообще глубокая, истинно протестантская порядочность сыграли здесь большую, но не определяющую роль. Дело в том, что тогда в ходу были цифровые шифры, для работы с ними надо было быть «изрядным» математиком, таким, как знаменитый К.Гольдбах, предшественник Эпинуса на посту главы шифровальной службы. Кроме того, требовалось в совершенстве знать русский, французский и немецкий языки, на которых шла большая часть корреспонденции, менее распространенные английский, испанский и итальянский, а также латынь и греческий, которые иногда использовали дипломаты для введения в заблуждение дешифровщиков. Еще одна деталь: на эту должность предпочитали назначать неженатого человека — уже в те времена знали главный канал утечки секретной информации.

Работа главы шифровальной службы была сродни научной. Вот что ответил Эпинус на недовольство Екатерины задержкой в расшифровке неких документов: «Эта работа требует: А) Вдохновения на разгадку. Из этого следует, что далеко не все дни и часы являются таковыми, а лишь те, когда, как говорят, ты настроен и воодушевлен. Если ты хочешь в отсутствие такого настроения (а как часто оно отсутствует!) насильно чего-нибудь добиться, но работаешь безуспешно, теряешь уверенность в себе и приобретаешь отвращение к делу. И тогда всякая надежда хоть чего-нибудь достичь оказывается тщетной. Б) Очень напряженной работы мысли. И если ты



плодотворно, смотря по обстоятельствам, использовал два, три, максимум четыре часа из двадцати четырех — остальная часть дня потеряна. Силы ума истощены, его острота притупилась, и человек не способен ни к этой, ни к какой иной работе».

Двадцать четыре часа упомянуты не для красного словца — шифровальная служба работала круглосуточно. Шифровали тогда почти все, и надо было разрабатывать и постоянно обновлять шифры для правительства, посольств за рубежом, армии, флота и лично для Екатерины. Еще больше сил отнимала дешифровка, ведь перлюстрировалась вся корреспонденция, идущая за границу и оттуда, включая дипломатическую почту, вне зависимости от положения автора письма и адресата. Это правило не знало исключений, К. Гольдбах расшифровывал послания будущей императрицы Екатерины, затем уже Эпинус по ее приказу скрупулезно изучал письма Павла.

Но в другой своей ипостаси — любящего наставника — Эпинус составлял секретные шифры для самого Павла, например для переписки с супругой во время отъезда наследника в Финляндию в период очередной войны со Швецией в 1788—1790 годах. Чтобы ввести в заблуждение дешифровщиков, Эпинус отказался от цифрового кода и использовал набор вполне обыденных фраз, несущих условленный смысл. Наиболее тонко классифицировалось состояние здоровья и настроения матушки-императрицы, для этого были заготовлены семнадцать кодовых фраз.

Можно только поражаться и восхищаться тем, что наряду со всеми этими занятиями Эпинус находил время для научных изысканий и публикации работ по широкому кругу вопросов. Последней его научной вершиной стал телескопический микроскоп с ахроматическим объективом.

Микроскоп без недостатков

Почему вдруг Эпинус занялся изобретением микроскопа? Микроскоп — это удивительное устройство, дающее возможность увидеть тот мир, в котором мы никогда не сможем оказаться. Он появляется на рубеже XVI и XVII столетий, но период его необыкновенной популярности приходится на XVIII век. В это время микроскоп окончательно переходит из разряда «прибора для увеселения души и глаз» в лаборатории ученых. Основные требования, которые предъявляли к нему, — это хорошее увеличение и чистое, четкое изображение рассматриваемого объекта. Как оказалось, эти требования входили в противоречие: для большего увеличения вводили дополнительные линзы в объективы и окуляры, а это приводило к искажению

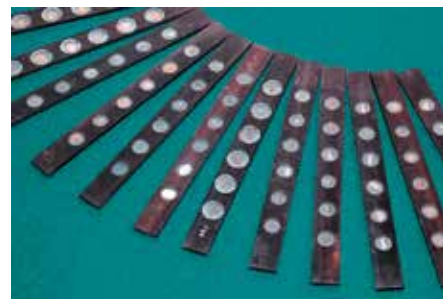


Так выглядит ахроматический микроскоп Франца Эпинуса, изобретенный им в 1784 году. Этот единственный в мире экземпляр находится в коллекции микроскопов Политехнического музея в Москве

изображения — искривлению прямых линий и появлению радужных разводов.

В оптике это явление носит название хроматической аберрации, или паразитной дисперсии света. Оно возникает из-за того, что показатель преломления зависит от длины световой волны (от цвета). Это, в свою очередь, приводит к тому, что фокусное расстояние линзы, напрямую связанное с показателем преломления, также зависит от длины волны — изображение в линзе, образуемое лучами красного цвета, располагается дальше от центра, чем «синее» изображение. А в целом при использовании белого света получается размытое, радужное изображение. Над устранением этого недостатка бились, начиная с середины XVIII века, такие специалисты по оптике, как Иван Беляев, Леонард Эйлер и Джон Доллонд. Однако лучшую конструкцию, как показало время, предложил все же Франц Эпинус.

В истории науки микроскоп Эпинуса занимает особое место, поскольку он был создан не эмпирическим подбором линз, а на основании строгого математического расчета. Объектив представлял собой сложную систему из трех вы-



В Политехническом музее сохранились образцы, которые полтора века назад исследовали на этом микроскопе

пукло-вогнутых линз, изготовленных из различных сортов оптического стекла — из легкого крона и тяжелого флинта, в комбинации крон-флинт-крон. К счастью, в Швейцарии к тому времени уже научились варить тяжелые стекла (флинт) с высоким показателем преломления и низкой дисперсией, в состав которых входил не только кремнезем, но оксид калия и свинца. А легкие кроны, натриево-силикатные стекла с низким показателем преломления и высокой дисперсией, умели варить уже давно. Но оптимальное соотношение компонентов в этих стеклах, делающих их пригод-

На микроскопе до сих пор сохранилась наклейка, свидетельствующая о том, что на нем работали в Физическом кабинете Императорской академии наук





Потрясающей четкости изображения и увеличение объекта до 750 раз удавалось добиться с помощью сменных объективов, которые помещали в тубус с плавной регулировкой длины

ными для ахроматических объективов, впервые подобрал Д. Доллонд и долго держал в секрете, сдерживая прогресс в этой области.

Дата рождения первого ахроматического микроскопа известна точно — 8 апреля 1784 года. В этот день на заседании Конференции Академии наук было доложено письменное сообщение Ф. Эпинуса «об изобретенном им ахроматическом микроскопе новой конструкции, пригодном для рассматривания объектов в свете, отраженном их поверхностью». Эпинусу не терпится опубликовать свою идею. Ему уже под шестьдесят, и ждать, пока появится информация в «Трудах Академии», некогда. На собственные средства он печатает брошюру с апрельским сообщением академии, полный текст письма к Г. Ашу о микроскопе и небольшую заметку под названием «Перечень главных преимуществ моих новых микроскопов». Такое форсирование событий было оправданно: труды академии вышли только через четыре года, а свою брошюру он представил академии уже в сентябре того же 1784 года.

В брошюре Эпинус перечисляет основные преимущества своего микроскопа: «Он дает одинаково отчетливое и неискаженное изображение по всему полю зрения от центра до периферии; в нем можно рассматривать объекты какого угодно размера без предварительной обработки, и, главное, объект весьма легко осветить спереди или сбоку любым светом, предпочтительно пользоваться рассеянным дневным светом или светом свечей». К сожалению, указание на различные источники освещения, кажущееся в наше время несущественным и даже вызывающим улыбку (надо же, свечи!),

сослужило плохую службу и отсрочило изготовление и использование ахроматического микроскопа на двадцать с лишним лет, аж до 1808 года.

Судьба микроскопа

Конкуренция существовала всегда. Оказалось, что в это же самое время известный английский оптик Георг Адамс (младший) выпустил свой усовершенствованный, но еще не ахроматический, микроскоп с ламповым блоком, который надеялся широко продавать. Поэтому он усмотрел в Эпинусе опасного конкурента и в своей книге, выпущенной в 1787 году, высказался о микроскопе Эпинуса в таком тоне, что сразу подорвал доверие и уничтожил интерес к новому инструменту. Успех микроскопа Адамса был обеспечен на долгие годы, несмотря на то что качество, увеличение и чистота изображения оставляли желать лучшего.

И все же Франц Эпинус руки не опустил, изготовил образец своего микроскопа и занялся его дальнейшим усовершенствованием. Работа, скорее всего, была завершена в 1796—1797 годах. Но возраст брал свое. Ухудшилось здоровье. Много приходилось работать в Коллегии иностранных дел на шифровальном поприще. В 1796 году умирает его душевный друг и покровитель Екатерина II. И хотя новый император Павел I внимателен к своему старому учителю, Франц Эпинус просит об отставке по состоянию здоровья и 31 декабря 1796 года удаляется от дел в чине тайного советника (ранг заместителя министра) с хорошим пожизненным содержанием.

Получалось, что жизнь была отдана государственной службе, науке, преподаванию. Что дальше? Одиночество? Болезни? Своей семьи нет: ни детей, ни внуков. Спасибо, что не оставила в беде

давняя подруга, фактически гражданская жена, вдова губернатора Казани Анна фон Брандт (в девичестве фон Круз, 1732—1815), сестра близкого друга, знаменитого адмирала Александра Ивановича фон Круза. Она вывезла Эпинуса из шумного, полного интриг Петербурга в тихий Дерпт, поближе к своему хозяйству в Лифляндской губернии. Здесь он прожил совсем недолго, около трех лет, и 10 августа 1802 года «ко всеобщему прискорбию знавших его» скончался в возрасте 78 лет.

А что стало с микроскопом? Первый экземпляр, сделанный Эпинусом, до нас не дошел. Чертежи и расчеты другой, улучшенной конструкции легли в архив и неизвестно, сколько бы там пролежали, если бы не Георг Фридрих Паррот (1767—1852). На момент смерти Эпинуса он был новоиспеченным ректором вновь открывшегося старейшего Дерптского университета и близким другом императора Александра I. Видимо, к нему частично перешел архив ученого, из которого через три года, то есть в 1805-м, эти расчеты извлекли. Георг Паррот был хорошим ректором и заботился об оснащении лабораторий университета современными приборами. Из Штутгарта, где он сам когда-то учился в академии, пригласили одного из лучших мастеров-оптиков Иоганна Тидемана (1742—1811). По чертежам Эпинуса он изготовил два экземпляра ахроматического микроскопа для университетских нужд. Работа была завершена в 1808 году, о чем свидетельствует гравировка на одной из медных частей штатива. Эта гравировка внесла впоследствии неясность относительно происхождения микроскопа.

Приборы получились замечательные. Горизонтальный раздвижной тубус, состоящий из двухдвигающихся друг в друга труб, укреплен на деревянной подставке. В комплект к микроскопу прилагается один окуляр и шесть объективов различной оптической силы с числами от 1 до 6. Эти же числа имеются и на верхней стороне тубуса. Изменить увеличение микроскопа от 22 до 750 раз можно, плавно регулируя длину тубуса от 85 до 120 см за счет движения внутренней трубы и выбирая подходящий объектив.



Кстати, название «телескопический микроскоп» сохранилось за ним благодаря именно этому необычайно длинному (метровому) тубусу и некоторым особенностям его штатива, напоминающим телескоп.

Предметный столик микроскопа Эпинуса стал прототипом подвижного крестообразного столика современного микроскопа, его можно перемещать в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью длинных деревянных рычагов (в микроскопах второй половины XIX века эти рычаги трансформируются в маленькие винтики, но принцип перемещения объектов остается таким же по сегодняшний день). Держатели для крупных непрозрачных объектов неправильной формы и для плоских стеклянных микроаквариумов — также его авторское изобретение.

Единственный экземпляр

Прошло девятнадцать лет. К этому моменту Г.Паррот стал членом Петербургской академии наук и заведующим физической лабораторией при ней. 14 марта 1827 года он пишет в академию письмо с просьбой приобрести у Дерптского университета один из экземпляров телескопического микроскопа, излагая там, в частности, историю с Д.Адамсом.

«Этот инструмент представляет для Академии двойной интерес: прежде всего вследствие своих разносторонних достоинств. А затем и по той причине, что он был изобретен Эпинусом, некогда одним из уважаемых ее сочленов, хотя и не он осуществил его... Это произошло столь поздно, вероятно, только по той причине, что Адамс высказался неблагоприятно об идее русского академика — и почти в то же самое время, когда появился его ламповый микроскоп... Мастер (Тидеман из Штутгарта), который взял на себя изготовление его, умер, и представляется желательным, чтобы единственный экземпляр, который еще можно получить, был приобретен Академией». Просьбу Г.Паррота удовлет-



ворили. Как оказалось, это сохранило микроскопу жизнь, потому что судьба второго экземпляра, оставшегося там, на кафедре физики, весьма печальна. От него сохранились только ручки, тогда как металлические части сняли по распоряжению немецких оккупационных властей во время сбора цветных металлов в Тарту в 1942 году.

Почти через сто лет, в 30-х годах XX века, экземпляр Петербургской академии наук поступил в коллекцию старинных микроскопов выдающегося российского историка науки, доктора биологических наук Самуила Львовича Соболя и числился сначала как микроскоп И.Тидемана. Только в 1948 году в архиве АН СССР было обнаружено письмо академика Г.Паррота от 14 марта 1827 года.

Микроскоп Эпинуса пережил все радости и невзгоды, постигшие коллекцию Соболя. К счастью, с 1968 года он стал подлинным украшением экспозиции «История микроскопа» Политехнического музея в Москве.

Микроскоп Эпинуса занимает особое место и в истории науки. Идея изменять увеличение микроскопа, регулируя длину его тубуса, не получила продолжения в последующих схемах, тем не менее этот уникальный прибор стал родоначальником ахроматических микроскопов, которыми широко пользуются сегодня.

В дальнейшем многие оптики в разных странах пытались независимо друг от друга усовершенствовать первую конструкцию ахроматического микроскопа: уменьшить его длину, вес и сделать удобным в эксплуатации. Попытки предпринимали Г. ван Дейл в 1807 году и И.Фраунгофер в 1811-м, но все их конструкции по качеству изображения уступали микроскопу Эпинуса. Только в 1826 году, то есть спустя тридцать лет, английским оптикам В. Даллею и Д.Листеру удалось создать удобный ахроматический микроскоп вертикаль-

Эта гравировка, которую оставил мастер Иоганн Тидеман, изготовивший микроскоп по чертежам Эпинуса, многие годы сбивала с толку исследователей

ного типа. Получилось, что неразумная конкурентная борьба отсрочила на тридцать лет появление открытий в различных областях науки из-за отсутствия высококачественного инструмента для исследований.

Эпинус никогда не пытался воспользоваться этим изобретением для собственного обогащения. Напротив, он широко оповестил научные, особенно медицинские, организации об устройстве микроскопа и его преимуществах. Он жил в соответствии с убеждением, вынесенным в эпиграф этой статьи, который не грех и повторить: «На мой взгляд, всякое полезное изобретение представляет собой сокровище, принадлежащее всему человечеству, а не его изобретателю, который был бы не прав, претендуя на исключительное право владения им».

Литература

В.К.Новик. Академик Франц Эпинус (1724—1802): краткая биографическая хроника. «Вопросы истории естествознания и техники», 1999, № 4.

С.Л.Соболь. История микроскопа и микроскопических исследований в России в XVIII веке. Изд-во АН СССР, 1949.

Ф.У.Т.Эпинус. Теория электричества и магнетизма. Ред. и примеч. профессора Я.Г.Дорфмана. М.: Изд-во АН СССР, 1951.

М.А. Коржув, В.В. Темяков. О вкладе академика Ф. Эпинуса (1724—1802) в учение о термоэлектричестве. В сб.: Термоэлектрики и их применения. Под ред. М.И. Федорова, Л.Н. Лукьяновой. СПб.: ПИЯФ, 2012. С.208—214.

СОРБОМЕТР™

АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокomпозитов, катализаторов, сорбентов, и т.д.

Характеристики

- Диапазон измерения удельной поверхности: 0,1-1000 м²/г
- Погрешность измерений: 6% во всем диапазоне
- Полная автоматизация циклов адсорбция-десорбция
- Автоматическая калибровка
- Станция подготовки образцов к измерению

Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности одноточечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

- Измерение изотермы адсорбции
- Измерение удельной поверхности многоточечным методом БЭТ и STSA, объема микро- и мезопор
- Расчёт распределения мезопор по размерам

Области применения

- Научные исследования
- Учебный процесс
- Химическая промышленность
- Горно-обогатительная промышленность
- Атомная промышленность
- Производство огнеупорных и строительных материалов
- Производство катализаторов и сорбентов



Биоакустика растений: попытка рождения

Кандидат биологических наук

Н.Л.Резник

Общительные и почти альтруисты

Мир полон звуков. Опытное ухо вылавливает из этой какофонии необходимую информацию, лишённые ушей ощущают вибрацию более плотных сред: земли, воды, ветки. Звуковую коммуникацию животных изучают давно и всерьёз. По некоторым данным, издавать и воспринимать звуки способны даже бактерии. И только растения остаются в стороне от этого акустического буйства. А почему, собственно? Никто не доказал, что они глухонемые. Правда, и способность растений к акустической коммуникации тоже никто не подтвердил.

Но есть среди ученых энтузиасты, готовые приняться за эту задачу. Одна из них — Моника Гальяно, постдок из Университета Западной Австралии (Кроули). Уже несколько лет она весьма эмоционально убеждает научное сообщество в том, что растения используют звуки для передачи информации, поэтому необходимо искать примеры такой передачи, выяснять ее механизмы и вообще развивать новое научное направление — биоакустику растений.

Чтобы доказать существование коммуникации у растений, нужно удостовериться, что они способны подавать сигнал и воспринимать его, причем с пользой для

себя. Растения — не пни бесчувственные, у них хорошо развита химическая сигнализация, которую изучают уже лет двадцать. Подобно животным, растения имеют целый арсенал сигнальных веществ, испускаемых при столкновении с врагом. Листья, поврежденные травоядными насекомыми, выделяют летучие соединения, которые воздействуют на еще целые листья или соседние растения, и те готовят средства защиты, причем предупреждаемые растения могут относиться к другому виду. Например, надрезанная полынь *Artemisia tridentata*, выпускает летучее вещество метилжасмонат, которое повышает устойчивость листьев дикого табака *Nicotiana attenuata* к вредителям. В ответ на полынный сигнал в листьях возрастает уровень защитного фермента полифенолоксидазы, и табак, растущий рядом с поврежденной полынью, меньше страдает от кузнечиков и совки. Проростки пшеницы, покусанные тлями, выделяют вещества, отпугивающие других тлей. Иногда поврежденные растения натравливают хищников на своих поедателей. Например, фасоль лима и яблоня, изъеденные паутиными клещами, выделяют вещества, привлекающие хищных клещей, а кукуруза и хлопок приманивают хищных ос, которые атакуют гусениц.

Кроме того, ученым известны случаи коммуникации, когда растения обмениваются сигналами неустановленной природы. Так, специалисты Университета Бен-Гуриона (Израиль) выяснили, что корни гороха, страдающего от засухи, как-то предупреждают об этой беде со-

седние растения, у которых с водой еще все в порядке, и они заранее закрывают устьица, тем самым сохраняя влагу, избегая усыхания, истощения и налета вредителей на ослабленное растение. Помимо погоды растения беседуют о родственниках, которых, оказывается, умеют узнавать. Исследователи Университета Макмастера (Канада) работали с североамериканским видом недотроги *Impatiens pallida*. Она растет куртинами, при этом любит свет и старается подавить конкурентов. Если посадить в один горшок семена недотроги, взятые от неродственных особей, растения получатся коренастые и ветвистые. (Родственные отношения проверяли, анализируя ДНК.) Но когда вся куртинка происходит из семян одного растения, они вытягиваются повыше и стараются так распределить листья, чтобы на соседях тоже падал свет. В этом случае передача сигнала также происходит через корни: недотроги, сидящие в горшках поодиночке, «своих» не узнавали.

Итак, растения активно общаются, у них множество тем для бесед и большой словарный запас. Они узнают родственников и стараются не мешать их росту, то есть почти социальны и без пяти минут альтруисты. Наличие у растений развитой химической коммуникации должно, по мнению Моника Гальяно, подвигнуть исследователей на поиски коммуникации акустической, потому что звук имеет много преимуществ перед молекулой.

Распространение химических сигналов в окружающей среде зависит от направления ветра: у них относительно низкая скорость продвижения, поэтому информация часто приходит с задержкой, хотя сохраняется в воздухе много дольше, чем звуковой сигнал. Синтез химических соединений и рецепторов к ним требует гораздо больше энергии, чем генерация звукового сигнала. По мнению Гальяно, звук низкой интенсивности воспринимается гораздо отчетливее, чем химическое послание. Он распространяется дальше и быстрее и передает информацию в реальном времени. Акустические сигналы можно по мере необходимости изменять, варьируя их частоту или громкость, с их помощью можно передать больше информации, поскольку диапазон звуковых волн чрез-

На фото вверху Моника Гальяно и ее говорящие растения

вычайно широк и анализировать их просто. Звуковые сообщения слышны даже из-за угла, позволяют точно локализовать отправителя и оценить расстояние до него. Звуковая сигнализация столь хороша во всех отношениях, что нельзя исключать возможность ее существования у растений наряду с химической.

Дрожь корней

У растений, в отличие от животных, нет специальных структур для извлечения звуков, однако они не молчат. Помимо шума листьев и ветвей при дожде и ветре, растения издают собственные звуки. Обычно они возникают, когда в сосудах дерева прерывается ток воды. Обезвоженные клетки сжимаются и издают звук. Значительная часть его спектра приходится на ультразвуковой диапазон (20—200 кГц и выше), но часть лежит в слышимой области (10—240 Гц). За последние 45 лет эти звуки неоднократно записывали и характеризовали, их даже используют для выявления деревьев, страдающих от засухи.

Моника Гальяно полагает, что у растений должен быть и другой механизм звукопродукции, причем достаточно консервативный, свойственный всем эу-

1
Как растения извлекают звуки. Растительная клетка вибрирует из-за движения внутриклеточных органелл и тока цитоплазмы (оранжевая стрелка на панели Б). Цитоплазма движется в результате скольжения моторных белков миозина вдоль актиновых филаментов (панель В). При движении белки используют энергию АТФ. Испускаемые клеткой волны содержат информацию о ее энергетическом статусе. Соседние клетки начинают вибрировать в унисон, усиливая сигнал (панель Г). Если волны выходят за пределы листа или корня, информация о состоянии растения доступна другим организмам (панель А)

кариотам. Поскольку он пока неизвестен, Моника предлагает гипотетическую модель, с проверки которой можно начать исследование акустической коммуникации растений (рис. 1).

Звук — это волна. Предположим, что внутриклеточное движение, например активность моторных белков (актина, миозина, белков цитоскелета), порождает волны. Белки движутся, цитоплазма движется, сама клетка вибрирует. А поскольку моторные белки используют энергию АТФ, по частоте и мощности испускаемого клеткой сигнала можно судить о ее энергетическом статусе, это не звук пустой, а информация. Клетка окружена другими клетками, она механически действует на соседей, которые возбуждаются, и все трясется в унисон. По мнению Гальяно, хор растительных клеток (или дискотека, если речь идет о вибрации) может породить колебания частотой около 150—200 кГц. Если такие волны выйдут за пределы листа или корня, информация о состоянии растения будет доступна другим организмам.

Подобные нанодвижения видны в атомный силовой микроскоп и уже обнаружены в кардиомиоцитах позвоночных, слуховых волосковых клетках, пекарских дрожжах *Saccharomyces cerevisiae*, которые двигаются с частотой порядка 0,8—1,6 кГц. Если есть у них, должны быть и у растений.

Ну, допустим, растения генерируют звук. Но как они его улавливают? Поиск растительного уха надо начинать с механочувствительных каналов (МЧ-каналов). Они имеются практически у всех животных, растений и микроорганизмов. Несмотря на структурное разнообразие и разную чувствительность, все они позволяют воспринимать механическое раздражение и отвечать



ГИПОТЕЗЫ

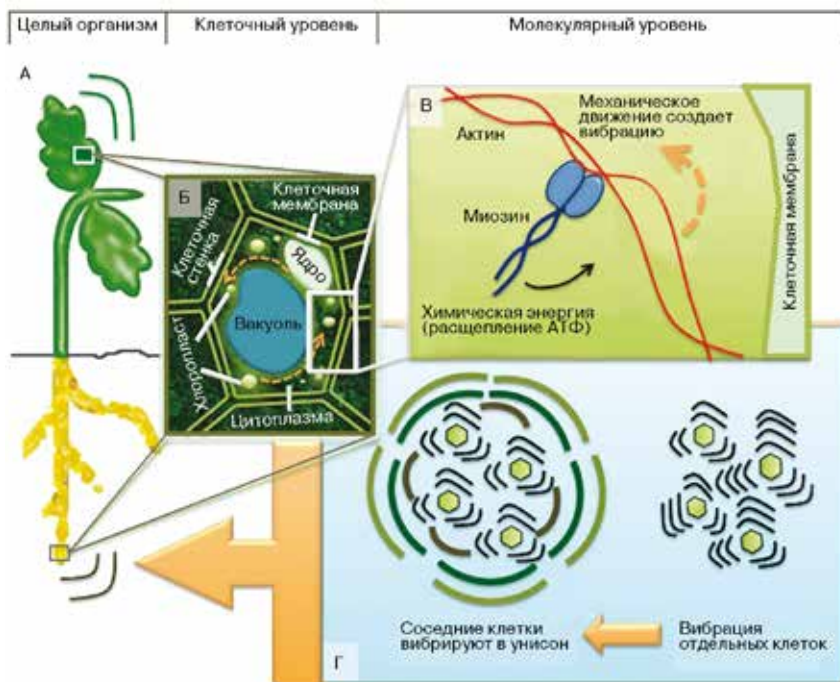
на него — без этого невозможны рост и развитие. МЧ-каналы растений еще мало изучены, но недавно специалисты Калифорнийского технологического института впервые идентифицировали десять его белков у *Arabidopsis thaliana* — любимого модельного растения биологов. Два белка контролируют морфологию клеточных органелл, два других обнаружены в плазматической мембране клеток корня.

Что ж, почему бы не быть органу слуха в корнях. В плотных средах, воде и почве, колебания распространяются лучше, чем в воздухе, и такие простые воспринимающие структуры, как корневые микроворсинки, достаточно эффективны. По расчетам Моника Гальяно, звук мощностью 60 дБ вызывает в биологических структурах вибрацию порядка 10—50 нм. И быть может, горох, предупреждающий соседей о засухе, и пекущаяся о родственниках недотрога обмениваются через корни акустическими сигналами.

Доктор Гальяно и ее коллеги поставили опыты, в которых обнаружили, что корни растений «слышат» (рис. 2). Корешки проростков кукурузы, находясь в воде, отклонялись в сторону источника звука. Их реакция зависела от частоты сигнала: наибольший отклик находили частоты 200—300 Гц, 100 и 400 Гц — значительно меньше, на другие частоты в диапазоне до 900 Гц проростки практически не реагировали. Кроме того, корни кукурузных проростков и сами издавали звуки, резко вытягивая кончики. Это довольно громкие и частые клики, которые в жидкой среде можно зафиксировать на некотором расстоянии от корня.

Другие исследователи тоже отмечали, что растения реагируют на звук. Так, сотрудники университета города Чунцин (Китай) установили, что звук стимулирует рост и развитие каллусов хризантем. При регулярном «прослушивании» сигналов частотой 1,4 кГц и мощностью 0,095 кДб в клетках каллуса значительно возрастает уровень индолуксусной кислоты и понижается уровень абсцизовой. Соотношение двух этих растительных гормонов регулирует рост и развитие растений. Ученые заключили, что звук контролирует рост каллусов, влияя на выработку индолуксусной и абсцизовой кислот.

Интересный эксперимент поставили корейские специалисты из Института

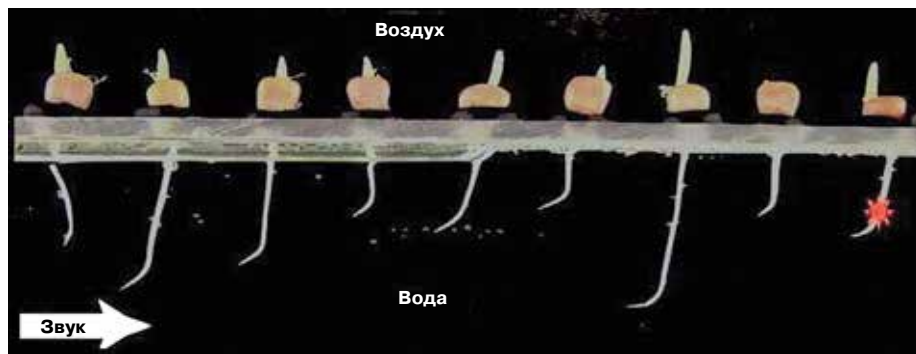


сельскохозяйственной биотехнологии. Они изучали влияние звука на рис. Двухнедельным проросткам в течение четырех часов проигрывали 14 классических музыкальных произведений (Бетховена, Дебюсси, Мендельсона и других композиторов) или отдельные звуки определенных частот. Затем исследователи измеряли уровень мРНК в листьях и по его изменению судили об активности работы разных генов. К классической музыке рис оказался безразличен, но ученые обнаружили несколько генов, активность которых возрастает на 10—30% при частотах 125 и 250 Гц и понижается при частоте 50 Гц. Один из них, *Ald*, кодирует цитоплазматический белок альдолазу — фермент гликолиза, участвующий в расщеплении сахаров. Реакцию этого гена на звук исследовали более подробно. Оказалось, что к звукам определенной частоты чувствителен промотор — регуляторная область гена. Теоретически можно создавать трансгенные растения, в которых нужные гены подконтрольны промотору *Ald*, и регулировать их работу с помощью звука.

Таким образом, растения могут издавать звуки и реагировать на них, осталось выяснить, как они это делают, к чему, собственно, и призывает австралийская исследовательница. Но это еще не все проблемы, стоящие перед биоакустиком растений. Термин «коммуникация» подразумевает умышленную передачу сигнала, а растению умышлять нечем. Однако и бездумно изданный звук может нести информацию. Например, чихание, кашель и хрипы не служат для общения, но свидетельствуют о простуде. Маленькие крысята, выбравшиеся из гнезда, замерзают, у них уменьшается частота сердечных сокращений, сжимается гортань и повышается давление в брюшной полости — рождается ультразвук. Крысята и не думали его издавать, однако мать, услышав эти звуки, спешит к детенышам и водворяет их в гнездо. Такими же невольными звуками сообщает о своем состоянии растение, страдающее от засухи. В обоих случаях звук есть следствие физиологического и биомеханического процессов, но в то же время это сигнал, несущий некую информацию другому существу. Крыса, услышавшая ультрабурчание в животе своих детенышей, спасает им жизнь. И биоакустику надо думать не о том, намеренно ли послан сигнал, а о том, извлекает ли растение из него пользу. Возможно, такие побочные звуки регулируют рост корней, внутривидовую и межвидовую конкуренцию или кооперацию либо темпы развития растения.

Энтузиасты и скептики

Моника Гальяно уверена, что пора начинать систематическое исследование растительных механизмов извлечения,



восприятия и использования звука. При этом особое внимание следует обратить на механизмы передачи звука, доказательства того, что растения его воспринимают и получаемые сигналы имеют для них адаптивное значение, а сам акустический сигнал специфичен и отличается от других стимулов, например мягкого прикосновения. Ее идеи нашли поддержку у других исследователей.

Сотрудники Университета штата Миссури: Реджиналд Кокрофт, специалист в области коммуникации животных, и Хайди Аппель, которая изучает химическую защиту растений от насекомых, полагают, что акустические сигналы могли бы существенно дополнить и украсить картину мира, получаемую с помощью химических соединений, особенно если учесть, что обычно летучие вещества — сигналы бедствия. Однако биоакустикам следует обратить внимание на то, действительно ли звуки растения представляют собой сигналы, издаваемые специально для оповещения соседей, или это просто следствие физиологических процессов, из которого можно извлечь информацию. Кстати, для химических сигналов этот вопрос тоже не решен.

Британский морской биолог Стивен Симпсон также считает, что идею о звуковой коммуникации растений не следует отменять с порога, какой бы странной она поначалу ни казалась. Лучше тщательно продумать эксперименты, которые докажут сообществу биоакустиков, что такая коммуникация возможна. Исследователь полагает, что чувствительность корней к звукам помогает им отыскивать воду в сухой почве. У доктора Симпсона свой опыт убеждения коллег. Он доказал, что сообщество коралловых рифов создает шум, помогающий ориентироваться живущим на рифе рыбам и личинкам кишечнорастворимых, лишенным специальных слуховых органов, а свободно плавающим личинкам крабов и омаров эти звуки позволяют избегать хищников, которыми кишат рифы. Работы Симпсона поначалу встретили скептически, и понадобилось десять лет, чтобы они получили признание.

Разумеется, далеко не все разделяют пыл Моника Гальяно. Карел тен Кейт, про-

Корни проростков кукурузы отклоняются в сторону источника звука. Корешки могут вибрировать. Область вибрации отмечена красной звездочкой

фессор Лейденского университета, специалист в области поведения животных, отдавая должное энтузиазму исследовательницы, отмечает, что она не привела ни одного примера истинной звуковой коммуникации. И хотя отсутствие доказательств нельзя считать доказательством отсутствия чего-либо, это не лучшая стартовая точка для начала исследований в новой области. Прежде чем браться к растениям с микрофоном, надо выяснить, какие преимущества они могут получить от акустической коммуникации. По-видимому, не очень большие. Например, чтобы определить расстояние, с которого послан звуковой сигнал, надо иметь возможность сравнить его с чем-то, фиксировать звуки низкой интенсивности, усиливать их, вычленять из общего шумового фона — растения всего этого не могут, во всяком случае, мы не представляем себе, какие механизмы позволили бы им так обращаться со звуками. Кроме того, непонятно, зачем растению оценивать расстояние до объекта, если оно не может ни приблизиться к нему, ни убежать.

Второй важный момент связан с природой сигнала. Многие биологические процессы сопровождаются шумами, в том числе биение сердца, дыхание, активность кишечника и движения тела. Есть подобные звуки и у растений. Акустические сигналы отличаются от шумов структурой и громкостью, чтобы адресаты без труда воспринимали их на общем фоне. Между тем многие звуки, издаваемые растениями, например вибрацию клеток при недостатке воды, можно слышать только с помощью специальных устройств, плотно прижатых к растениям. Тен Кейт согласен, что подобные звуки могут служить сигналами для насекомых и других существ, живущих на растении, но вряд ли они будут услышаны его соседями. Сигнализировать надо громче.

Необходимо также разобраться, что именно воспринимают растения: звук или вибрацию. Некоторые исследователи практически не различают эти понятия. Но звук мы ощущаем как изменения давления

воздуха, а вибрацию — как колебания среды. Например, корни проростков кукурузы, которые тянутся к источнику звука, реагируют скорее на движение воды, нежели на сам звук. Вибрация ощутима на меньших расстояниях, чем звук, и в этом случае не приходится говорить о преимуществах акустической коммуникации при передаче информации на дальние расстояния.

И еще. Если растения пользуются акустическими сигналами, звуки, которые они испускают и принимают, должны совпадать по частоте. А мы до сих пор не знаем, воспринимают ли растения сигналы, ими самими издаваемые. В общем, работы много, и скорых доказательств существования звуковой коммуникации растений ожидать не приходится.

Не менее сурово настроены биоакустик Натан Бейли из университета Сент-Эндрюса (Великобритания) и его американские коллеги из университета Висконсин-Милуоки. Они скептически отнеслись к приведенным Гальяно примерам. По их мнению, работа корейских ученых, показавших, что звуки определенной частоты влияют на экспрессию генов, не направлена специально на исследование звуковой коммуникации. Проростки риса отвечали всего на два сигнала мощностью 65—70 дБ, но непонятно, смогут ли сами растения издавать такие громкие звуки. Эксперимент не позволяет судить о том, воспринимают ли растения именно звук, то есть колебания воздуха, или корнями ощущают вибрацию субстрата.

Исследователи советуют записать в природе производимые растениями звуки и проверить, на какие из них оно реагирует. Это должны быть колебания, способные преодолеть расстояние в несколько метров растительной ткани, с амплитудой, достаточной для того, чтобы сигнал ощутили соседи. Если такие найдут, то звуковая коммуникация растений в принципе возможна. Очень важно доказать, что ответ растения вызван только звуком в отсутствие других факторов среды.

Коммуникация непременно должна приносить выгоду, иначе зачем она нужна. Увы, преимущества акустической сигнализации пока не доказаны. Допустим, растение звуками сообщает о засухе, но какой в этом смысл, если все растения в зоне приема сигнала находятся в тех же самых условиях.

Под сомнением и энергетическая дешевизна акустического послания. Если для извлечения звука надо сжать сосудистую ткань или привести в движение хлоропласты, это существенно повышает цену сигнала. У животных любой звуковой сигнал привлекает внимание хищника, то же должно происходить и с растениями. В результате плата за звук окажется слишком высокой по сравнению с его преимуществами.

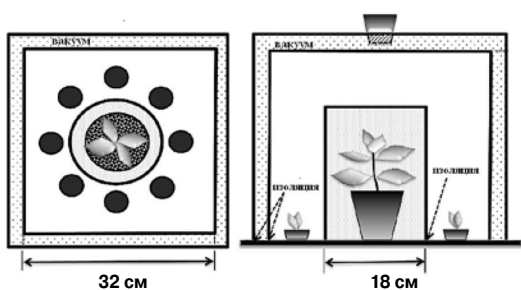
Чтобы говорить о звуковой коммуникации, непременно нужно доказать, что свойство издавать звуки возникло и сохранилось в ходе естественного отбора. Необходимо также выяснить, чем структуры для извлечения специализированных звуков отличаются от неспециализированных, каково их происхождение.

Критики не отмечают с порога идею звуковой коммуникации растений, они лишь отмечают, что она требует доказательств. Они надеются, что дальнейшие исследования покажут, действительно ли растения обмениваются акустическими сигналами или эти звуки подобны ветру, свистящему в ветвях: для нас они значимы, но для растений несущественны.

Ящик Моники

Доктор Гальяно, в свою очередь, соглашается с критиками. Она и сама собиралась проверить чувствительность растений к испускаемому ими звукам. Когда биоакустики исследуют реакцию животных на какой-либо сигнал, они обычно проигрывают им запись, сделанную в природе или синтезированной. Чтобы применить эту технику к растениям, нужно оборудование, позволяющее исследовать реакцию растения исключительно на записанный звук. А у Моники такое оборудование уже готово, она сконструировала специальный ящик, в котором растения соседствуют, но защищены от химических, физических и световых контактов друг с другом (рис. 3). В этом ящике она надеется получить количественную характеристику акустической коммуникации растений. А пока ученые исследовали в нем взаимодействие растений и семян.

Семена перца чили *Capsicum annuum* поместили в чашки Петри, которые расставили вокруг взрослого растения фенхеля *Foeniculum vulgare*. Фенхель выбран не



3

Ящик Моники, изготовленный из литого акрила, позволяет исследовать коммуникацию растений. Он полностью изолирован от внешней среды. Чашки с прорастающими семенами (слева) или проростки (справа) расставлены вокруг взрослого растения. Корни растений не контактируют друг с другом, а центральное растение можно убрать или накрыть, чтобы оно не отражало свет и не распространяло летучие соединения. Материал пропускает звуковые и магнитные волны, а также видимый свет



ГИПОТЕЗЫ

случайно, его корни выделяют вещества, которые подавляют рост растения. В контрольном опыте центральное место пустовало, в других экспериментах фенхель накрывали прозрачным колпаком, дабы семена перца не могли дышать одним с ним воздухом, или вдобавок зачехляли черной пленкой, чтобы присутствие растения не влияло на светорассеяние. Семена гораздо быстрее прорастали рядом с полностью изолированным фенхелем, чем в контроле, а открытый фенхель задерживал их развитие. Очевидно, химические вещества, выделяемые растением, мешают прорастанию семян, но есть и другие сигналы, которые ему способствуют. Летучие вещества фенхеля эти сигналы заглушают, а если растение изолировано, они действуют.

Когда показались проростки, их пересадили в горшочки и расставили вокруг фенхеля или взрослого растения перца. Рядом с перцем они растут медленнее, чем в соседстве с фенхелем. Вот еще одно доказательство того, что растения узнают родственников и стараются не заслонить им солнце. А фенхель — чужак, его и потеснить можно. Поскольку взрослое растение было изолировано, проявлению родственных чувств способствовал какой-то неизвестный стимул. Будем надеяться, что скоро мы узнаем какой, потому что Университет Западной Австралии и Австралийский исследовательский совет пока финансируют исследования Моники Гальяно в области звуковой коммуникации растений, а также их обучения и памяти.

По словам исследовательницы, ее радуют интерес и непредвзятое отношение, которое проявляют специалисты в области поведения к зарождающейся ветви науки. Это значит, что они не отрицают с порога новые идеи, а приветствуют их, как только начинающих жить младенцев, чья личность проявится лишь годы спустя. Пожалуй, на этой оптимистической ноте мы и закончим рассказ о биоакустике растений.

Статья написана по материалам журнала «Behavioral Ecology», 2013, 24 (4) и других публикаций, процитированных в статье Моники Гальяно (doi: 10.1093/beheco/ars206).

Антиалкогольные аллели

Е.Клещенко

Почему люди пьют спиртные напитки, и почему одни пьют больше других? Причин много: социальная среда, жизненные обстоятельства, воспитание и образование. Теперь к списку причин прибавляют генетику, и самые начитанные пьяницы уже ссылаются на новости с переднего края науки: мол, у нас в роду все мужики пили, и я, вроде короля из «Обыкновенного чуда», который «вместе с фамильными драгоценностями унаследовал все подлые фамильные черты», тоже вынужден... Существуют ли «гены алкоголизма» и, соответственно, «гены трезвости», и если да, то насколько они важны?

От этилового спирта до уксусной кислоты

Чтобы ответить на этот вопрос, проследим пути превращения этилового спирта в организме.

Алкогольдегидрогеназы — группа ферментов, которые катализируют превращение различных спиртов в альдегиды или кетоны. (Далее мы будем пользоваться сокращением ADH от *alcoholdehydrogenase*, чтобы пореже писать длинное слово. Когда имеется в виду ген, аббревиатуру пишут курсивом, когда белок — прямым шрифтом.) Главный герой нашего рассказа — ген *ADH1B*. У человека есть и другие родственные ему гены, но обезвреживание этилового спирта — не их основная «профессия», они заняты другими веществами.

Алкогольдегидрогеназа работает в клетках печени, но присутствует также на внутренней поверхности желудка; именно она преобразует большую часть этанола, проглоченного человеком. Это важная задача, ведь некоторое количество алкоголя наши предки получали с пищей или от бактерий, обитающих в желудочно-кишечном тракте, задолго до того, как изобрели спиртосодержащие напитки. (Ту же благородную задачу выполняют и другие ферменты, например цитохром P450 и каталаза в пероксисомах, но их вклад по сравнению с ADH невелик.)

У гена *ADH1B* известны два различных аллеля — «типичный», более распространенный вариант, и альтернативный, с заменой одной «буквы»-нуклеотида. Эта замена приводит к тому, что в белке остаток аминокислоты аргинина, занимающий 48-е место от начала, заменен на остаток гистидина. (Они называются, соответственно, *ADH1B*48Arg* и *ADH1B*48His*.) Так вот, второй, более редкий вариант, по данным многочисленных исследований, ассоциирован с меньшим риском развития алкоголизма. Активность такого фермента значительно повышена по сравнению с «типичной».

Когда фермент превращает этиловый спирт в альдегид, приятные ощущения уступают место неприятным. Высокая концентрация ацетальдегида в крови вызывает покраснение лица, головокружение, дрожь, тошноту — весь набор симптомов, с которым сталкиваются те, кто перебрал. Хорошо, что у нас есть и другие ферменты, альдегиддегидрогеназы (ALDH), которые катализируют дальнейшее окисление альдегидов. В случае ацетальдегида — до уксусной кислоты, которая нашему организму уже не чужая и вполне вписывается в основные метаболические пути. Получается такая последовательность реакций:

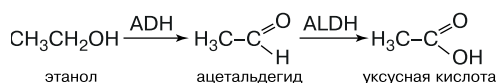
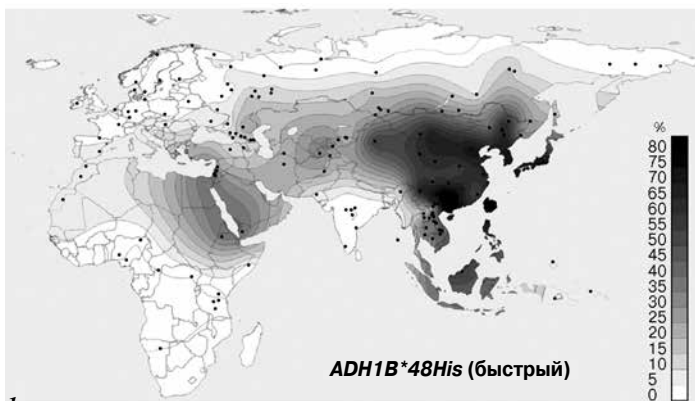


Фото: А.Константинов

По мере того, как ALDH делает свое дело и решаются другие проблемы метаболизма, сопутствующие алкогольному отравлению, человеку становится лучше. До 95% ацетальдегида преобразует в ацетат альдегиддегидрогеназа митохондрий, кодируемая геном *ALDH2*.

Отношения человека с выпивкой определяются не только культурой и воспитанием, но также алкогольдегидрогеназой и альдегиддегидрогеназой. Тот, у кого спирт медленно преобразуется в ацетальдегид, способен выпить много. Отсюда не следует, что алкоголь для него безвреден, но немедленного физиологического штрафа за злоупотребление спиртным он не получает. (Хорошо это или плохо, судите сами.) Человек, у которого повышена активность ADH, может выпить много, но при длительном потреблении алкоголя он страдает от головной боли и других неприятных ощущений, войти в запой такому человеку трудно. Если же все-таки переборет свою природу и станет пить регулярно и подолгу, вероятность серьезных проблем со здоровьем для него будет выше, чем в среднем. И совсем не бравые собутыльники — люди с низкой активностью ALDH: у них в крови долго держится высокая концентрация



1
ADH1B*48His (быстрый)
 Географическое распределение аллелей *ADH1B*48His* и *ALDH2*504Lys*, снижающих вероятность развития алкоголизма («*American Journal of Human Genetics*», 2009, 84, 89–92, «*Annals of Human Genetics*», 2009, 73, 335–345). Русские по этим генам практически не отличаются от жителей Западной Европы

ацетальдегида, со всеми вытекающими последствиями. Такие люди крайне редко становятся алкоголиками.

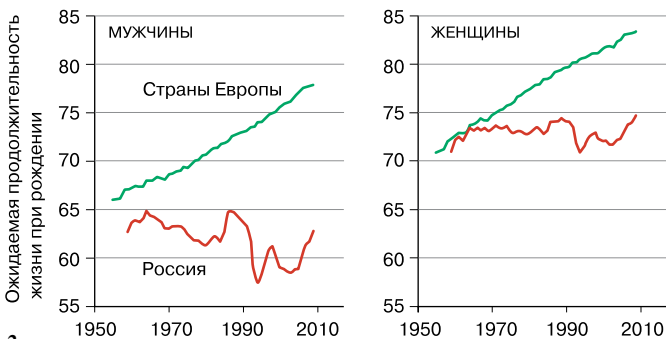
В гене *ALDH2* тоже имеется важная для нас однонуклеотидная замена, которая приводит к замене Glu504Lys, то есть остатка глутаминовой кислоты в 504-м положении на остаток лизина. Вариант *ALDH2*504Lys* дает неактивный белок, поэтому в организме человека, гомозиготного по этому аллелю (оба варианта его гена, полученные от мамы и от папы, кодируют лизин вместо глутаминовой кислоты), работающего фермента *ALDH2* нет. Впрочем, даже у гетерозигот (одна копия гена кодирует белок с лизиновой «печаткой», другая — нормальный) активность фермента составляет не половину от нормы, как можно было ожидать, а всего около 6%. Дело в том, что альдегиддегидрогеназа — тетрамер, она состоит из четырех одинаковых молекул белка, и если неактивна хотя бы одна из четырех, то неактивен весь комплекс.

Кстати, широко известный препарат дисульфирам, применяемый для лечения алкоголизма, блокирует активность *ALDH* — действие лекарства имитирует генетически predeterminedенную непереносимость алкоголя.

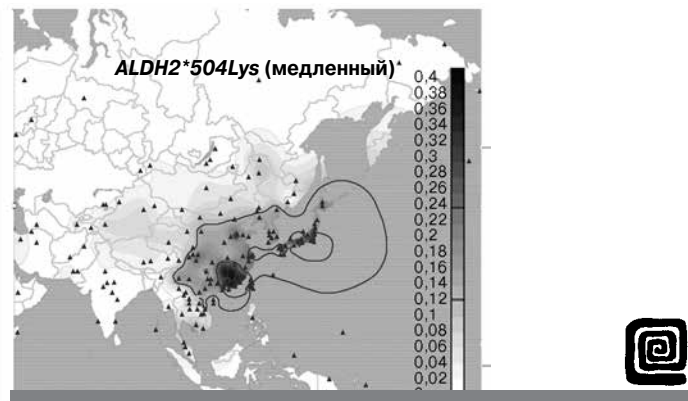
Про альдегиддегидрогеназу в популярной литературе написано много, именно ее активность понижена у этнических групп, принадлежащих к монголоидной расе. Конечно, не у всех: например, у чукчей, ненцев, кетов, у сибирских народностей с *ALDH* все отлично. А вот японцам эта проблема хорошо знакома. Частота «лизинового» аллеля *ALDH2* в популяциях Восточной Азии достигает 40%, но уже в Средней Азии — всего 1–2%, а в европейских популяциях он крайне редок.

«Гистидиновый» вариант *ADH1B*48His* также распространен в Восточной Азии (70%), а в Европе его частота может составлять и менее 1%, и 8–10%. В России носители этого аллеля — от 5% до 15% индивидов в различных группах (рис. 1).

Специалисты в области популяционной генетики не могли оставить без внимания такие социально важные гены. Показано, что гетерозиготные носители гена «лизинового» *ALDH* потребля-



2
 В России продолжительность жизни в последние десятилетия не возросла и составляет менее 65 лет для мужчин, а в ряде стран Европы она растет каждый год примерно на 2 месяца (графики построены Евгением Андреевым, РЭШ, данные www.mortality.org/, www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/databases)



ALDH2*504Lys (медленный)
 ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ют меньше спиртных напитков и реже становятся алкоголиками. Аналогичный, хотя и более слабый эффект дает ген «гистидиновой» *ADH*, как у японцев и корейцев, так и у европеоидных этнических групп.

Смогут ли девушки по генетическому паспорту, когда эти паспорта появятся и станут общедоступными, выбирать себе непьющих женихов, отдавая предпочтение кандидатам с *ADH1B*48His* и *ALDH2*504Lys*? Или в проверке генотипа нет особого смысла, был бы человек приличный?

Исследование, посвященное этому вопросу, недавно было опубликовано в журнале «*Acta Naturae*». Его выполнили сотрудники Института общей генетики. Ученые выясняли, как влияют эти аллели на потребление алкоголя. Для россиян такое исследование проводилось впервые.

Как пьют на Руси

Образцы крови 642 русских мужчин в возрасте 22–59 лет были собраны в 2008–2009 годах в рамках Ижевского исследования семей. Это масштабное исследование проводилось в 2003–2010 годы. Идея принадлежала выдающемуся ученому Дэвиду Леону (Лондонская школа гигиены и тропической медицины), среди научных интересов которого — влияние социальных факторов на здоровье. Финансовую поддержку предоставила британская благотворительная организация Wellcome Trust. Свой вклад внесли также Институт демографических исследований Общества Макса Планка (Росток, Германия), Ижевская государственная медицинская академия, Ижевский институт общественных технологий. Ученые хотели больше узнать о причинах высокой смертности мужчин трудоспособного возраста в России (не секрет, что этот показатель в последние два десятилетия у нас изменился драматически, см. рисунок 2) и в первую очередь о том, как влияет на смертность алкоголь. Сразу отметим, чтобы ижевцы не огорчились, а остальные россияне не слишком радовались: Ижевск был выбран именно как типичный небольшой российский город, так что результаты касаются всех нас.

Невеселые результаты, демографические и биолого-медицинские, представлены в многочисленных публикациях, и мы не будем пересказывать их все. В целом ничего неожиданного. Специфические для России проблемы — спиртного пьют много, причем велика доля крепких напитков, употребляют суррогаты — непитьевые спиртосодержащие жидкости, от аптечных настоек и лосьонов до стеклоомывателей. Злоупотребление алкоголем было причиной четырех из десяти смертей мужчин в возрасте 25–54 года. Для Ижевска ежегодное число безвременных смертей в результате опасного злоупотребления алкоголем превышало 1500; в пересчете на все население России это около 170 тысяч смертей в год (<http://demoscope.ru/weekly/2006/0241/analit06.php>).

Но вернемся к конкретному исследованию — генетическому фактору. Для каждого образца крови определяли биохимические и иммунологические показатели, кроме того, участники исследования сообщали сведения об этнической принадлежности,

уровне образования, а также о потреблении спиртного. Чтобы получить более точные данные, опрашивали также родственников. Исследователей интересовало как количество выпитого, так и опасные стили потребления алкоголя. Опасные стили — это не выпивание бутылки рома на подоконнике третьего этажа, а такие неромантичные жизненные события, как запои, питье суррогатов, потребление, пусть и нечастое, больших разовых доз алкоголя. Все эти формы питья очень опасны для здоровья.

Давая ответ о частоте употребления, участники выбирали один из вариантов: каждый или почти каждый день, один-два раза в неделю, три-четыре раза в неделю, от одного до трех раз в месяц, несколько раз в год, никогда или почти никогда. Понятно, что большинство россиян мерную посуду в застолье не использует, поэтому количество выпитого оценивали в бутылках или граммах. Естественно, просили указать, какие напитки потребляли, чтобы затем рассчитать объем чистого спирта, выпитого человеком в течение года. При расчетах использовали сведения с этикеток на бутылках в ижевских магазинах, а также данные лабораторных анализов. Установить точный состав суррогатов не представлялось возможным, поэтому для потребителей непитьевого алкоголя общее количество этанола не считали.

Все эти данные сопоставляли с результатами генетического исследования. Из образцов крови выделяли ДНК и определяли аллельные варианты: для алкогольдегидрогеназы *ADH1B* — замену нуклеотида, приводящую к замене в белке аргинина на гистидин, и для альдегиддегидрогеназы *ALDH2* — замену глутаминовой кислоты на лизин. Второй вариант, как и это и свойственно российским популяциям, был очень редким (его обнаружили только у двух мужчин), и в дальнейшем его не рассматривали. Затем методами математической статистики выясняли, влияют ли генетика и уровень образования на стили употребления алкоголя и чье влияние сильнее.

Гены, образование и культура питья

Согласно данным опроса, ижевские мужчины выпивают в среднем 6765 ± 364 граммов этанола в год, или, в пересчете на водку, 34 полулитровых бутылки. Рекордсмены достигли впечатляющего результата — 348 бутылок, однако были и совсем непьющие. Читатель при желании может сделать аналогичный приблизительный подсчет для себя и определить, по какую сторону от среднего показателя он находится.

На самом деле средняя цифра, вероятно, больше: даже из данных по официальным продажам алкогольных напитков расчеты дают более высокие значения. Экспертная же оценка потребления этанола средним российским мужчиной — вдвое выше. Причин этому может быть две. Во-первых, в исследовании участвовало сравнительно немного молодых людей — увы, основные потребители алкоголя именно они. Во-вторых, есть данные, что оценка по опросам у россиян может быть вдвое заниженной по сравнению с теми, которые получают, скрупулезно записывая количество выпитого. (См. об этом, например, письмо ведущего российского эксперта А.В. Немцова в журнал «Addiction», 2004, 99, 3, 386—387, doi: 10.1111/j.1360-0443.2004.00651.x.) Может быть, участники опросов стесняются и сознательно преуменьшают свои достижения, может быть, не всё помнят...

Так или иначе, 14% мужчин в данной группе потребляют половину алкоголя, выпитого всеми участниками. Разброс велик (рис. 3), и было интересно проверить, в какой мере он определяется генетикой.

Частота гетерозиготных носителей аллеля *ADH1B*48His* среди участников составила 10,6%. Гомозиготных носителей «гистидинового» аллеля обнаружено не было. Влияние аллеля на склонность к выпивке проверяли двумя способами: оценивали его частоту в группах мужчин с различным уровнем потребления алкоголя и сравнивали, сколько пьют индивиды, имеющие «гистидиновый» аллель и не имеющие его, в различных возрастных группах.

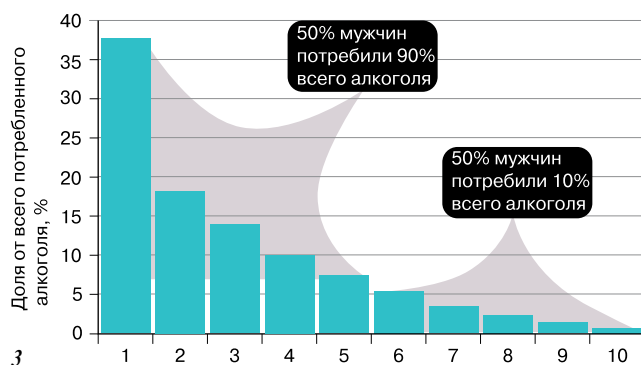


Рис. 3. Распределение потребляемого алкоголя в исследуемой выборке между группами мужчин (децилями), ранжированными по количеству выпитого за год алкоголя. Непьющие и потребители суррогатов исключены

Для первого исследования мужчин разделили на четыре группы: потребители суррогатов (30 человек), практически непьющие (83 человека), а остальных разделили пополам — на группы с более и менее высоким потреблением алкоголя. Сразу отметим, что все «непьющие», кроме трех человек, ранее выпивали, и, вероятно, многие из них перестали из-за проблем со здоровьем.

Результаты видны в таблице: доля носителей аллеля *ADH1B*48His* в менее пьющей группе 13,4%, в более пьющей — 8,7%. Различия налицо, хотя и не достигает статистически значимого уровня. Среди потребителей суррогатов был лишь один носитель аллеля (3,3%).

Различия по уровню образования — 33,6% в малопьющей группе и 22,3% — в много пьющей — оказались статистически значимыми. Интересно, что среди лиц, воздерживающихся от потребления алкоголя год или более, доля людей с высшим образованием — 9,6%, то есть меньше, чем в малопьющей. (Может быть, потому, что образованные люди не так злоупотребляют алкоголем и, соответственно, реже разрушают свое здоровье до такой степени, что доктор категорически запрещает пить?) Только один человек с высшим образованием пил суррогаты, что едва ли нуждается в комментариях.

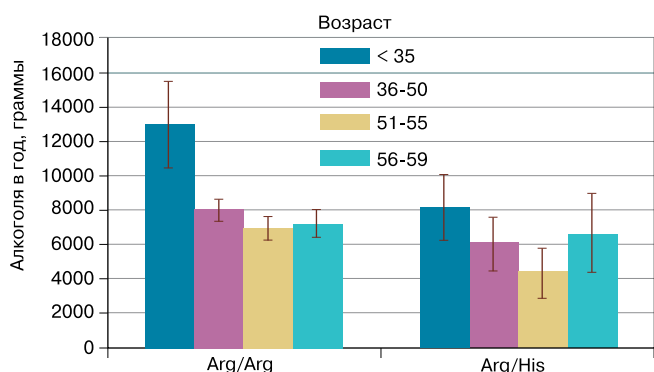
Теперь посмотрим на потребление алкоголя у носителей «гистидинового» аллеля по сравнению с теми, у кого его нет, и в различных возрастных группах (рис. 4, таблица 2). Получается, что этот аллель снижает потребление алкоголя в среднем на 1749 г в год — 21,8%, двадцать бутылок вместо двадцати пяти! Суммарный эффект для всех возрастов близок к опубликованным данным для других популяций (например, для белых американцев 18%, для белых австралийцев 20—50%). У японцев все зависело от наличия гена «лизиновой» *ALDH*, той самой, которая так редко встречается у русских. При ней эффект достигал 48,1% без нее — 7,1, в среднем давал 33,4%.

И еще интересный факт. Оценка на основе регрессионного анализа показала, что для индивида вклад аллеля *ADH1B*48His*

Таблица 1

Группы участников с различным уровнем потребления алкоголя

| Группа | Количество индивидов | Среднее количество потребляемого алкоголя (граммы этанола в год) | Доля носителей <i>ADH1B*48His</i> (количество индивидов) | Доля лиц с высшим образованием (количество индивидов) |
|--|----------------------|--|--|---|
| Высокий уровень потребления алкоголя | 264 | 13517 | 8,7% (23) | 22,7% (60) |
| Низкий уровень потребления алкоголя | 265 | 2162 | 14,0% (37) | 33,6% (89) |
| Не потребляли в течение года до опроса | 83 | 0 | 8,4% (7) | 9,6% (8) |
| Потребители суррогатов | 30 | Не определен | 3,3% (1) | 3,3% (1) |
| ВСЕГО: | 642 | — | 10,6% (68) | 24,2% (158) |



4 Среднегодовое потребление алкоголя в возрастных группах для носителей разных генотипов по полиморфизму *ADH1B*Arg48His*

в снижение уровня потребления алкоголя в 1,6 раз выше, чем влияние высшего образования. Участники эксперимента, имеющие высшее образование, выпили в среднем на 813 г меньше этанола по сравнению с менее образованными, а защитное действие «гистидинового» аллеля, как уже говорилось, составило 1749 г (потребители суррогатов и практически непьющие были исключены из расчетов). Но популяционным уровне, однако, эти факторы соизмеримы по величине — аллель, напомним еще раз, встречается реже, чем высшее образование.

Остается добавить, что среди 68 носителей аллеля *ADH1B*48His* ни один не имел запоев в год, предшествующий опросу, и лишь один (1,4%) потреблял суррогаты (рис. 5). Для тех, у кого этого аллеля нет, соответствующие цифры — 8,1% и 5,1%. Защита налицо. Что касается высшего образования, оно отвращает от потребления суррогатов (0,6 против 6%), а различие по частоте запоев не столь велико (4,1% против 10,5%). Суммарно, на уровне группы и «гистидиновый» аллель, и высшее образование дают примерно одинаковый эффект, хотя на уровне индивида «генетическая защита» проявляется ярче.

Итак...

...ни от образования, ни от генов не приходится ждать чудес. Авторы статьи в «Acta Naturae» отмечают, что невыпитые 1769 г этанола в год — не так уж много. Ограничение продажи алкоголя во время «горбачевской» антиалкогольной кампании 80-х годов XX века снизило потребление этанола на 4—6 литров в год (1746 г — это 2,2 литра), даже с учетом нелегального промышленного и кустарного производства. Как ни печально, запретительные меры — самые действенные. (Другой вопрос, что потребление суррогатов тогда выросло, хотя и не перекрыло

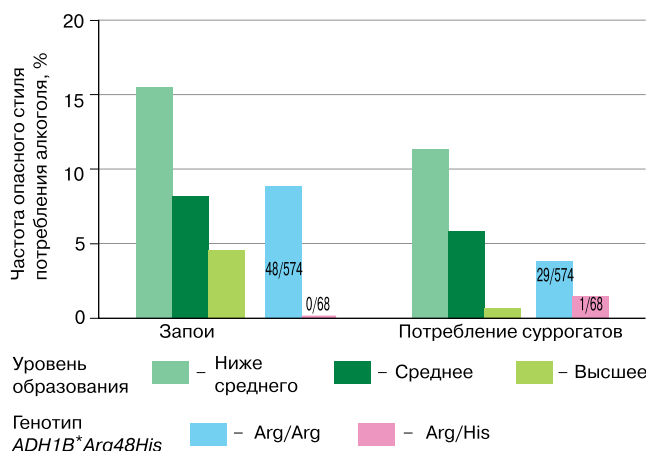
Таблица 2

Сравнение среднегодового потребления алкоголя у индивидов с различными генотипами и уровнем образования. Абстиненты исключены, потребители суррогатов исключены

| Среднее кол-во алкоголя за год (граммы) | Среднее кол-во алкоголя за год (граммы) | Снижение потребления алкоголя на индивида | Вклад в снижение потребления алкоголя во всей выборке |
|--|---|--|---|
| Генотип по полиморфизму <i>ADH1B*Arg48His</i> | | | |
| Arg/Arg (469 человек) | Arg/His (60 человек) | Генотип Arg/His по отношению к Arg/Arg | |
| 8041 | 6292 | 21.8% | 2.5% |
| Уровень образования | | | |
| Среднее и ниже (380 человек) | Высшее (149 человек) | Высшее образование по отношению к более низкому уровню образования | |
| 8071 | 7259 | 10.1% | 2.8% |

позитивный эффект от ограничения продаж...) Конечно, отсюда не следует, что гены, ограничивающие тягу к спиртному, а также их распространение в популяции, не надо изучать. Как минимум эта информация поможет оценить, насколько высоки риски как для индивида, так и для популяции.

В мае 2013 года вышла статья, в которой сравнивают состояние здоровья участников Ижевского исследования и мужчин из Белфаста (Ирландия) — некоторые граждане Великобритании иногда тоже злоупотребляют. Исследователи установили, что у сильно пьющих мужчин обеих стран повышен уровень нейроуретического пептида В-типа, маркера сердечной недостаточности. И по-видимому, сердечно-сосудистые заболевания, вызванные алкоголем, с атеросклерозом связаны в малой степени, особенно в России, — они развиваются по другому сценарию: алкоголь повреждает сердечную мышцу. Утешение слабое, скажет читатель. Но ведь полезно понимать, что пьющему гипертонику, может быть, вовсе и не надо назначать средства, снижающие холестерин, а нужно ему совсем другое лечение, и возможно, стоит начать с запрета на спиртное. Кстати, среди причин безвременных мужских смертей в России видное место занимают сердечно-сосудистые патологии, и статистика по этому показателю неплохо коррелирует со смертностью от алкогольных отравлений. Пора бы уже расстаться с мифом о пользе спиртного для сердца.



5 Частота опасных стилей потребления алкоголя в зависимости от уровня образования и генотипа по полиморфному локусу *ADH1B*Arg48His*

P.S. После ознакомления с этой статьей во время ее подготовки к публикации некоторые мужчины ограничили себя в потреблении алкогольных напитков. Возможно, эффект является временным, к тому же наблюдался он в небольшой выборке, однако наблюдение согласуется с данными о воздействии образования на потребление спиртного.

Литература

С.А.Боринская, А.А.Ким, А.В.Рубанович, Д.А.Леон, Н.К.Янковский. Влияние аллелей гена *ADH1B* и уровня образования на характер потребления алкоголя у российских мужчин. «Acta Naturae», 2013, 5, 3 (18), 83—90.

David A. Leon et al. Hazardous alcohol consumption is associated with increased levels of B-type natriuretic peptide: evidence from two population-based studies. «European Journal of Epidemiology», 2013, 28, 5, 393—404, doi: 10.1007/s10654-013-9808-9.

Наука против пьянства

Кандидат биологических наук
С.А.Боринская

Когда мы обсуждали предыдущий материал с одним из авторов исследования, ведущим научным сотрудником лаборатории анализа генома Института общей генетики С.А.Боринской, то поняли, что рассказ об одной конкретной научной задаче слишком многое оставляет «за бортом». Пользуясь случаем, мы решили задать Светлане Александровне несколько вопросов.

Давайте немного отойдем от вашей тематики. Статистика потребления алкоголя в России не внушает оптимизма, а противоядия как-то не видно, кроме ограничения времени продажи спиртного. И о широкомасштабных научных программах вроде Ижевского исследования мы редко слышим...

Это не совсем так. В Москве есть ННЦ наркологии Минздрава, в котором проводились некоторые фундаментальные исследования. Есть Московский научно-практический центр, которым руководит главный нарколог Минздрава Евгений Алексеевич Брюн. Там ведутся практически ориентированные разработки. Но, учитывая масштаб проблемы, этих исследований для России явно недостаточно. Не так давно в Москве была встреча с представителями американского Национального института по исследованиям злоупотребления алкоголем и алкоголизмом (National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism), которые налаживали контакты с российскими программами по профилактике, лечению и исследованию алкоголизма. С российской сто-

роны были представлены практические наработки в развитии мониторинга и профилактики, эпидемиологические данные, но в разделе фундаментальных молекулярных или нейробиологических исследований нам практически нечего было показать. И здесь вопрос даже не в различии уровня финансирования российской и западной науки, а в том, что таких проектов в России очень мало.

Кто в России финансирует такие исследования?

За последние несколько лет был один крупный международный проект, в котором участвовали несколько институтов РАН и РАМН. Финансовую поддержку обеспечивало Минобрнауки, и алкоголизм исследовался там среди прочих психических заболеваний. Легко посмотреть тематику проектов на сайте РФФИ. С 1995 года было поддержано более 26 700 проектов по разделу «Биология и медицинские науки» и более 6400 проектов по разделу «Науки о человеке и обществе». Среди них мне удалось найти проекты, содержащие части слов «алко» или «нарко», — всего 12 и 9 соответственно. Для сравнения, «кардио»-проектов — 110 и 3 по тем же разделам. Как биолог, я полностью за поддержку проектов по изучению пресноводных копепоидов или изменчивости членистоногих. Но отсутствие фундаментальных исследований по алкогольной проблеме — не просто одной из важнейших, а самой важной для продолжительности жизни в России — вызывает, мягко говоря, недоумение.

Самая важная? С алкогольной смертностью все настолько плохо?

Ведущий специалист по эпидемиологии алкоголизма Александр Викентьевич Немцов рассказывал, что, когда он в начале 90-х годов на основе изменения продолжительности жизни и алкогольной статистики посчитал, что 30% смертей мужчин трудоспособного возраста связаны с алкоголем, он сам не мог в это поверить, и ему не верили: неужели каждый третий? Но ведь тут учитывается и бытовой травматизм, и алкогольные ссоры, и ДТП с участием пьяных водителей. Кривая самоубийств идет шаг в шаг с количеством проданного алкоголя. Многие смерти «от сердца», «от инсульта» — на самом деле следствие злоупотребления алкоголем. Сейчас дается даже более высокая оценка — почти половина смертей мужчин в возрасте от 20 до 60 лет связаны с алкоголем.

Есть также миф о том, что люди, выпивающие умеренно, живут дольше, чем абсолютно непьющие. В доказательство приводят графики, где минимум смертности попадает не на ноль граммов алкоголя, а на небольшие дозы (примерно полстакана красного вина в день), и делают вывод, что алкоголь полезен для здоровья. На самом деле все наоборот: часть «непьющих» — это либо люди, которые не

пьют по причине болезни, либо бывшие многопьющие, которые перестали пить, потому что уже больше не могут. Ведь при анкетировании обычно спрашивают, сколько пил человек в последний месяц или год, а не на протяжении всей жизни. Ранняя смертность этих людей и формирует подъем графика около нуля.

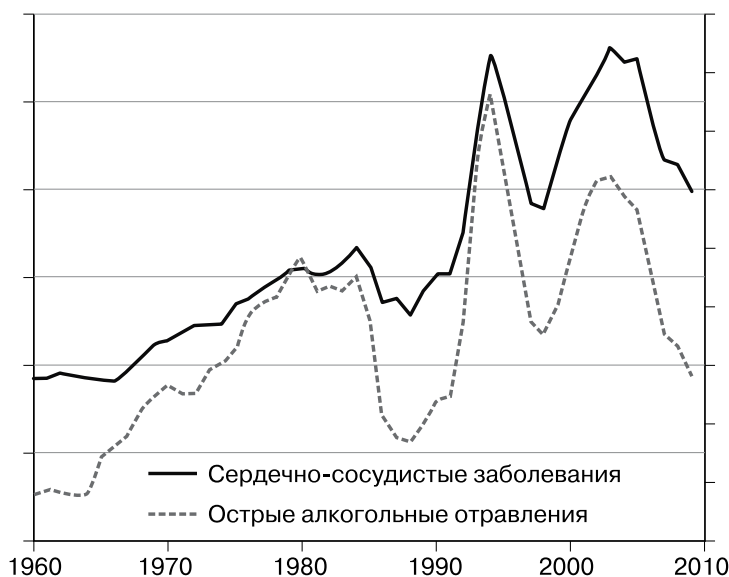
Дело ученых — исследовать и докладывать результаты, чтобы те, кто принимает (или не принимает) необходимые решения, могли понимать, какими будут последствия. Такие исследования мы пытаемся проводить. Проблему алкоголизма не может решить одна наука, ни психология, ни социология, ни молекулярная генетика, только все они вместе. Здесь нужны фундаментальные междисциплинарные исследования. Молекулярные исследования показывают, какие нейрофизиологические процессы нарушаются, продукты каких генов могут быть мишенями для разработки лекарственных средств. На Западе сейчас проходят клинические испытания десятки препаратов, которые снижают у крыс влечение к алкоголю. Алкоголь воздействует на определенные зоны мозга, вызывая расслабление или эйфорию. Действие на молекулы, которые участвуют в этих процессах, может позволить человеку пребывать в нормальном состоянии без наркотика, снизить неприятные эффекты от воздержания.

Но это зарубежные исследования?

Да, зарубежные. Сорок лет назад в США заговорили об алкоголизации населения и роста наркомании и приняли государственную программу по этой тематике, включавшую в том числе научные компоненты. Там были и молекулярно-генетические, социологические, психологические исследования, и профилактические меры. Например, известно, что с молодежью наиболее эффективно работают их ровесники. К советам старших молодые люди относятся с предубеждением, но, если о вреде алкоголя и наркотиков рассказывают грамотные, подкованные люди немногим тебя старше, с той же информацией отношение другое. Участники профилактической программы рассказывали, что, когда их команда приезжает в маленький город, через месяц там закрывается часть лавочек, продающих спиртное, — падает выручка.

К сожалению, у нас профилактике алкоголизма уделяется недостаточно внимания. Правда, есть программы, направленные на формирование здорового образа жизни у россиян. Например, Минздравом открыт портал «Здоровая Россия». Информация необходима, но давно известно, что простое предъявление информации по телевизору или в социальной рекламе неэффективно как антиалкогольная мера.

Есть разработки профилактических программ для школы. Однако школьные психологи, которых я спрашивала об этом, машут руками и говорят, что они



Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний и острых алкогольных отравлений у русских мужчин в возрасте 50–54 лет с 1960 по 2008 годы.

Хорошо виден эффект антиалкогольной кампании 80-х (по: Leon D.A. e.a., «International Journal of Epidemiology», 2010, 39(5), 1279–1290)

и так чересчур загружены. Что касается взрослых — население мало информировано и мало доверяет информации. Да и большинство не применяет ее к себе: там про алкоголиков говорят, а мы-то культурно выпиваем.

Я участвовала в телепрограмме, которая называлась «Русская водка», на одном из ведущих каналов. Пригласили видных деятелей культуры, режиссеров, артистов. Общий тон был ироничным, все рассказывали смешные случаи из жизни. Когда я спросила, кто слышал, какая доля смертей мужчин трудоспособного возраста связана с алкоголем и кто доверяет этим данным, поднялось четыре руки из примерно семидесяти. И снова начались шуточки: «Алкоголизм — болезнь неизлечимая, но к счастью, продолжительная»...

А между тем главную проблему представляют не спившиеся люди. Конечно, им тоже надо помогать, но их относительно немного. Основная проблема — массовое бытовое пьянство. Половина российских мужчин пьет еженедельно, обычно по выходным. Считается, что это не страшно и «все так пьют», но крепкие напитки (ведь большинство пьет именно их), принятые в большом количестве, пусть даже раз в неделю, разрушительны для здоровья.

А в Америке даже в художественных фильмах герои перестали пить и курить. Не то чтобы перестали, но, если герой пьет, он, скорее всего, отрицательный герой. Там серьезно относятся и к профилактике, и к помощи на ранних стадиях формирования вредной привычки

Самое важное — то, что в развитых странах основной акцент делается на

профилактику, в которой изменение образа киногероев — лишь небольшая часть, а у нас — на лечение последствий. Принимаемых мер недостаточно, они не разработаны комплексно. Рецепты, испробованные другими странами, необходимо адаптировать к нашим условиям, на это надо затратить усилия, вложить средства. Как показала и наша, и мировая практика, антиалкогольные меры немедленно увеличивают продолжительность жизни. Казалось бы, достаточно серьезный стимул.

У нас есть убеждение, что алкоголизм не лечится, если человек пьет, то он и будет пить.

Это не так. Но необходимо желание лечиться, признание проблемы. Многие не сознают, что зависимость у них уже сформировалась. Близкие также не хотят признавать, что бытовое пьянство перешло в алкоголизм, пытаются скрыть происходящее от себя и знакомых. В результате помочь запаздывает. Например, есть программа «Анонимные алкоголики», она возникла в Америке, а сейчас такие группы существуют во многих странах, и в России они есть, причем бесплатные. В Москве их несколько десятков. Главная задача в том, чтобы человек, которому необходима помощь, добрался до этой группы. Однако многие злоупотребляющие считают, что им это не нужно. У них «нет проблем», особенно если есть на что выпить. Думаю, среди прочего важна и низкая ценность здоровья в сознании россиян.

Масштабы проблемы зачастую игнорируют даже специалисты. Например, фетальный алкогольный синдром. Если мать во время беременности, особенно на ранних стадиях, пьет спиртное, пусть некрепкое и в небольших дозах, у ребенка вероятны нарушения развития. Иногда их удается скомпенсировать, однако некоторые западные исследователи считают, что большинство проблем школьной неуспе-

ваемости — именно их следствие. Как отмечает Е.А.Брюн, «при беременности безопасная доза алкоголя — ноль». Однако часть врачей до сих пор рекомендуют беременной женщине красное вино, например, для повышения гемоглобина или снижения тонуса матки.

Что же заставляет людей пить, невзирая на риск? Вряд ли можно найти того, кто не слышал о вреде алкоголя. И чем тут могут помочь молекулярные исследования?

Исследования как раз направлены на то, чтобы это выяснить. Так, концентрации и соотношение нейромедиаторов серотонина и дофамина не должны выходить за рамки нормы, если соотношение выше или ниже нормы, человек чувствует себя плохо. И то, и другое может спровоцировать потребление алкоголя, но подход к таким людям нужен разный. Молекулярно-генетические, молекулярно-биологические и биохимические исследования могут такие группы выявить.

Кроме того, алкоголь считают средством снятия стресса. И в самом деле, спиртное помогает некоторым людям, неспособным иным образом успокоиться, однако они платят за это зависимостью, которая порождает куда более серьезные стрессы. Сейчас мы используем молекулярные подходы, чтобы выяснить связь стресса и злоупотребления алкоголем — что причина, а что следствие.

Для разработки адекватных мер профилактики алкоголизма нужны не только демографические, экономические, социальные и психологические исследования, но и молекулярные, и физиологические. Все это поможет понять, как информация трансформируется в сознании людей и как решить проблемы, побуждающие к чрезмерному питию и мешающие жить долго и счастливо без алкоголя.





Кое-что о маркетинге

Елена Жидкова

На улице завывал ветер, ветви деревьев бились в оконное стекло. Тусклый свет в баре освещал бледные лица, тихая музыка едва перекрывала шум ветра. Посетителей — по пальцам пересчитать. Бармен яростно протирал стаканы и со стуком ставил их на полку. Мельком взглянул на сотовый, лежавший на барной стойке. Телефон молчал. «Не позвонила? И не позвонит, — нашептывал внутренний голос. — Так тебе и надо. Сначала думай, потом говори.»

Тихо звякнул колокольчик. Новый посетитель прищурился, ища в полумраке стойку. Бармен смерил клиента взглядом. Мягкое пальто, бесформенная шляпа, двухдневная небритость и тоска во взгляде. «Сейчас начнет приставать со своей слезной историей. Именно сегодня все как сговорилось. — Бармен кинул отчаянный взгляд на телефон. — Именно сейчас, когда самому тошно, найдется зануда...»

— Коктейль «Дьявольский ветер». — Посетитель бросил на стойку мятую купюру. — Не повезло сегодня с погодой, а?

«Водка, джин, вишневый сок... ну давай, рассказывай... про погоду это так, для затравки».

— Плохая погода, это вы точно подметили.

— А жизнь — и того хуже.

«Началось».

— Еще один коктейль, сразу заплачу. — Посетитель порылся в карманах, собирая мелочь. Разжал кулак, на стойку посыпались монетки. Какая-то серая штукovina, чуть больше доллара, покатила и шлепнулась рядом.

— Что это? — заинтересовался бармен. Повертел в руках отливавший металлом кругляшок. — Цифры здесь какие-то.

— А это, «движок времени», я их продаю. — Посетитель устало махнул рукой. — Ерунда все это.

— А как действует?

— Крепится к часам, можно наручным, и отматывается время назад. Если хотите что-то изменить в своей прошлой жизни. Я тоже пытался. Не один раз. Только без толку.

«Неудачник, сразу видно». — Бармен положил «движок» на стойку и брезгливо собрал мелочь.

— Да, возвращался в прошедшее не единожды. — Посетитель сделал глоток и поморщился. — В молодости учиться не

НАНОФАНТАСТИКА

хотелось. Думал, вернусь в те времена, поступлю в академию, закончу. Стану знаменитым финансистом, куплю виллу на берегу моря. Знаете, есть такие, в кипарисах, с белыми скульптурами во дворе. Рекламу каждый день по телевизору крутят.

— И что?

— Отмотал, поступил, но на втором курсе меня отчислили за пьянку. И вот итог — торгую какой-то дрянью. — Посетитель подвинул кругляшок ближе к бармену. — Ничтожная вещь.

«Пить надо меньше, вон, мешки под глазами. Последнюю мелочь еле насобираю на посредственный напиток».

Продавец «движков» осушил стакан и принялся за второй коктейль.

— А потом я познакомился с самой замечательной девушкой на свете, ее звали Эльза. — Посетитель перегнулся через стойку, дохнул перегаром.

Бармен отпрянул, чтобы не смотреть на подвыпившего клиента, снова взял в руки «движок».

— И что девушка? — Рассматривая металлический кругляшок, краем глаза взглянул на телефон. Темный дисплей хранил молчание.

— Ушла к другу. Я снова воспользовался «движком», но не нашел нужных слов. Теперь понимаю, надо было просто сказать, как я ее люблю, но до чего же это сложно — найти нужные слова! «Ничего сложного для людей с мозгами, уж я бы не оплошал!».

— И вот я предлагаю людям некий шанс начать все сначала. Вы наверняка слышали оптимистичные истории. По телевизору их все время показывают. Но я в них не верю. Хотя сам занимаюсь продажей. Наверное, мне просто не хватает веры в себя.

«Оно и видно. Поручили продавать хорошую вещь неудачнику. Интересно, сколько он их продал за свою жизнь? Одну, ни одной?»

Посетитель поставил пустой стакан на стойку и громко икнул.

— Сколько стоит? — спросил бармен.

— Зачем это вам? У вас наверняка все хорошо.

— Так, из любопытства. Я, пожалуй, возьму. — Бармен положил кругляшок рядом с телефоном.

— Ну как знаете. — Пальцы смяли несколько купюр и сунули в карман пальто.

Тихо звякнул колокольчик. Посетитель, пошатываясь, вышел на улицу. Достал блокнот и сделал запись: «99». Неплохо на сегодня. Если так будет и дальше, года не пройдет, как чудная вилла на берегу моря станет его собственностью. Как в рекламе — с алебастровыми скульптурами и кипарисами. Они с Эльзой так давно мечтают о ней!





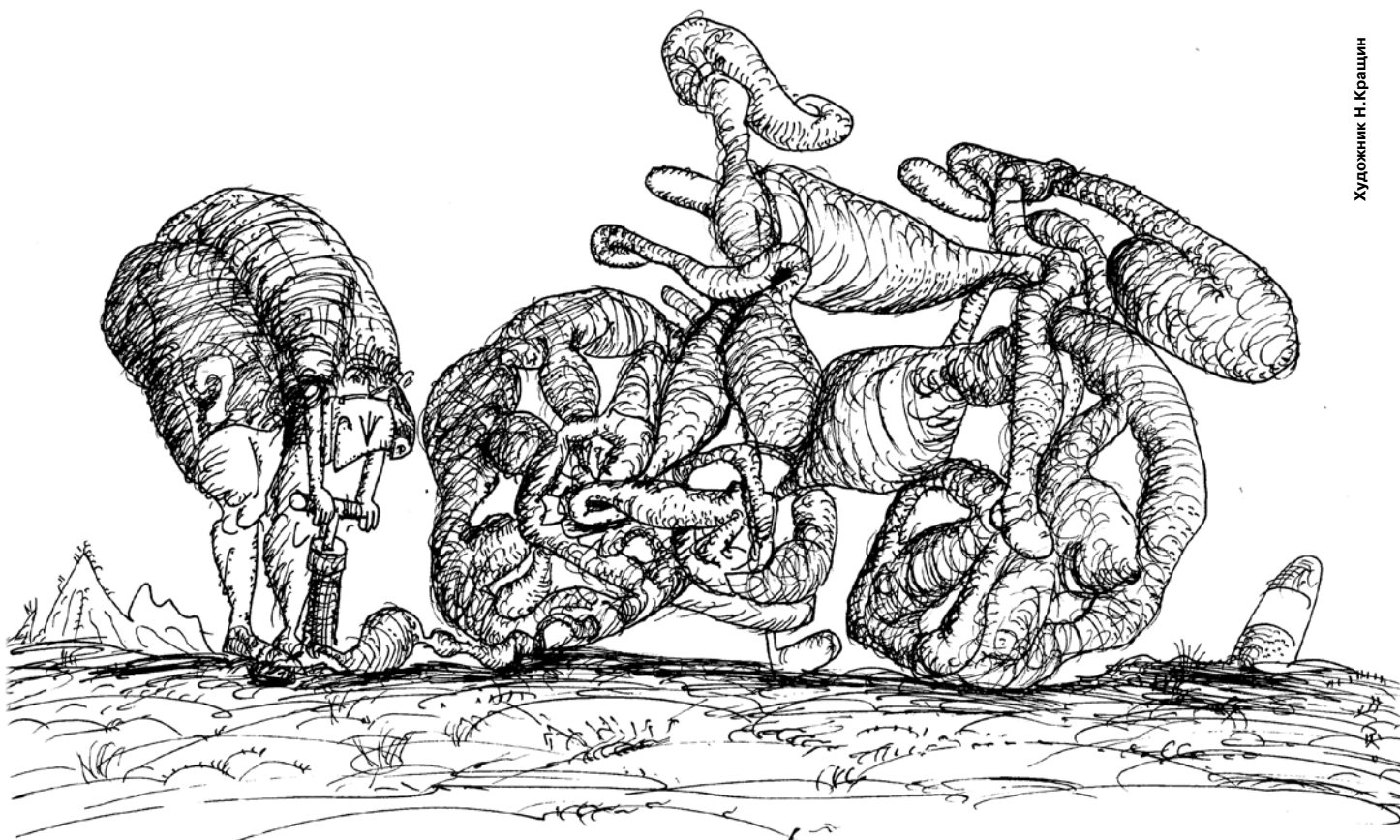
17-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ
28–31
октября **2013**

Организатор: ЦВК «Экспоцентр»

www.chemistry-expo.ru

12+



Происхождение мембран и мембранной биоэнергетики

М.А. Никитин

В прошлом номере мы проследили происхождение геномной ДНК и механизмов ее репликации — от РНК-белкового мира до больших кольцевых молекул ДНК, составляющих геномы бактерий и архей. Попробуем теперь путем сравнения бактерий и архей узнать структуру мембран их общего предка.

Мембраны современных бактерий состоят из фосфолипидов — сложных эфиров глицерина, двух остатков жирной кислоты и одного фосфатного остатка. К фосфатному остатку может быть присоединена дополнительная полярная группа — этаноламин, холин, аминокислота серин или многоатомный спирт инозитол. Гидрофобные хвосты жирных кислот образуют средний слой мембраны, а полярные остатки глицерина, фосфата и вспомогательных полярных групп — наружный и внутренний слои. Мембраны архей устроены в принципе похоже, но на другой химической основе. Вместо жирных кислот их липиды содержат терпеновые спирты, напри-

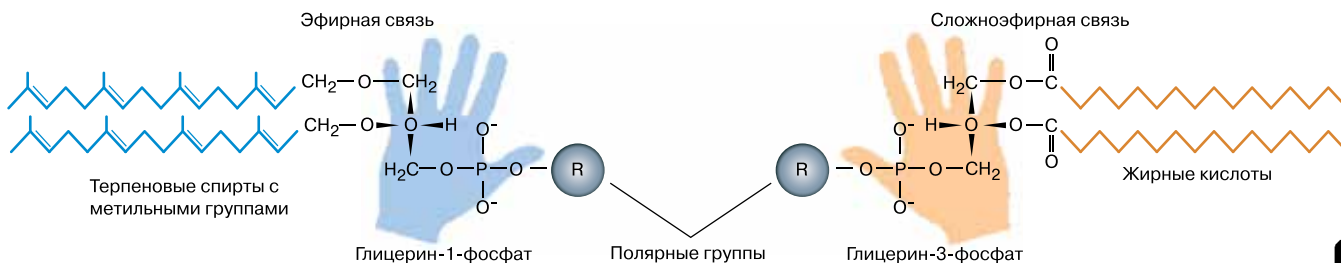
мер геранилгераниол, углеводородные цепочки которых несут метильные группы через каждые четыре атома. Эти спирты простыми эфирными связями присоединяются к глицеринфосфату, фосфатный остаток может дополняться другими полярными головками, такими же, как у бактерий. Сам глицеринфосфат архей тоже отличается от бактериального — у архей используется другой его оптический изомер, глицерин-1-фосфат вместо глицерин-3-фосфата.

Таким образом, сравнение мембран у современных организмов ничего нам не дает — все их основные компоненты отличаются до полной несовместимости. Одну из крайних точек зрения высказали Уильям Мартин и Майкл Рассел («Philosophical Transactions of the Royal Society, B, Biological Science», 2007, 362, 1887—1925, doi:10.1098/rstb.2006.1881): последний общий предок вообще не имел мембран — предки бактерий и архей изобрели современные мембраны независимо при выходе из пор в минеральных отложениях.

Другая крайняя точка зрения основана на обнаружении жирных кислот в метеоритах и в условиях опыта Миллера. Согласно ей, примитивные мембраны,

состоящие из абиогенно синтезированных жирных кислот, существовали еще на заре мира РНК, до появления белков. Обе эти крайности, скорее всего, неверны.

В реконструированном арсенале белков LUCA (напомним, что так называют «последнего общего предка», от last universal common ancestor) есть несколько трансмембранных белков, таких, как мембранная АТФаза и система секреции белков III типа. А у кого есть белки, сидящие в мембране, у того должна быть и мембрана. Что до абиогенных жирных кислот, у них велик разброс по длине углеводородной цепи, и поэтому из их смеси получаются крайне непрочные мембраны. Гюнтер Вахтерхойзер предполагал, что LUCA имел смесь липидов с обоими изомерами глицерина, а бактерии и археи унаследовали по одному типу из этих двух («Philosophical Transactions of the Royal Society, B, Biological Science», 2006, 361, 1787—1806, doi:10.1098/rstb.2006.1904). Однако когда такие мембраны были получены искусственно, оказалось, что липиды с разными изомерами глицерина быстро разделяются на «острова», содержащие преимущественно один



1
Строение мембранных липидов
бактерий (справа) и архей (слева)

изомер из двух, а мембрана легко рвется по границам этих «островов».

Исследуя происхождение мембран, мы встречаемся с очередным парадоксом «курицы и яйца». Современные мембраны непроницаемы для ионов металлов и заряженных органических молекул, таких, как аминокислоты, и слабо пропускают сахара. Чтобы клетки могли поглощать органические вещества из внешней среды, мембрана содержит десятки видов транспортных белков. Клетка с мембраной, лишенной транспортных белков, обречена на голод, а транспортные белки не могут возникнуть в отсутствие мембран. Хуже того, синтез мембранных белков в современных клетках невозможен без мембранного белкового комплекса SRP, который связывается с рибосомой и помогает встроить в мембрану выходящую из нее белковую цепь. В отсутствие SRP гидрофобный участок пептида, который должен быть в мембране, просто застревает на выходе из рибосомы! (См. статью Мулкиджаняна, Гальперина и Кунина, «Trends in Biochemical Science», 2009, 34, 206—215, doi: 10.1016/j.tibs.2009.01.005.)

Новая информация о мембранах LUCA появилась в 2012 году, когда несколько групп ученых подробно проанализировали историю генов всех ферментов биосинтеза всех компонентов липидов бактерий, архей и эукариот («Biochimica et Biophysica Acta — Bioenergetics», 2012, 1817, S154. doi: 10.1016/j.bbabo.2012.06.404; кстати, первый автор этой статьи — аспирантка Мулкиджаняна Дарья Диброва; «Nature Reviews Microbiology», 2012, 10, 7, 507—515. doi: 10.1038/nrmicro2815).

Родственными у архей и бактерий оказались ферменты для 1) синтеза терпеноспиртов (бактериям они тоже нужны, хотя и не для мембран) и 2) пришивания полярных голов к спиртам. Значит, эти реакции мог проводить и LUCA. И синтез глицеринфосфата, и синтез жирных кислот возникли лишь после разделения линий бактерий и архей. Следовательно, проще всего предположить, что липиды LUCA состояли из одного остатка терпенового спирта, остатка фосфата и полярной группы (серина или инозитола). Подобные липиды были синтезированы

искусственно. Образующиеся из них мембраны, по сравнению с современными, обладают высокой подвижностью, текучестью и хорошо пропускают ионы металлов и малые органические молекулы. Это позволяло древним прокариотам поглощать готовую органику из внешней среды даже без специальных транспортных белков.

Еще один аргумент в пользу того, что древние мембраны содержали терпены, а не жирные кислоты, — особенности путей синтеза тех и других. Длинные цепи жирных кислот синтезируются одним ферментным комплексом, путем последовательного добавления двухуглеродных «кирпичиков» по одному. Чтобы получить жирные кислоты одинаковой длины (а следовательно — и прочную мембрану), нужны достаточно точные и совершенные ферменты. Терпены же синтезируются из более крупных пятиуглеродных строительных блоков изопентилпирофосфата, которые сначала собираются в десятиуглеродные молекулы геранилпирофосфата, а затем, при помощи другого фермента, — в двадцатиуглеродные зрелые спирты (геранилгераниол, кальдархеол, фитол и другие). Требования к точности и специфичности ферментов при такой крупноблочной сборке гораздо ниже.

Первые белки могли встраиваться в мембрану с помощью механизма «выворачивания». Для этого белок не должен иметь участков, которые состояли бы исключительно из гидрофобных аминокислот, а только зоны чередования гидрофобных аминокислот с гидрофильными, примерно две через две. Такой белок может выходить из рибосомы без помощи SRP и достаточно растворим в воде. Чередование «2 через 2» создает альфа-спиральные участки, у которых один бок гидрофобный, а другой гидрофильный. В водорастворимой форме такой белок сворачивается гидрофобными участками внутрь, а попадая на мембрану, разворачивается по ней плоско. Затем его альфа-спирали могут опять собраться компактно, но уже гидрофобными участками наружу. Гидрофильные стороны спиралей образуют при этом пору в мембране, через которую могут проходить вода, ионы,

полярные молекулы и даже белки и ДНК. Подобным образом и сейчас попадают в мембрану некоторые белки-токсины, которые синтезируются одной клеткой, а должны встроиться в мембрану другой.

Теперь перейдем к той роли, которую играют современные мембраны в запасании и передаче энергии. Громадное большинство современных организмов синтезирует АТФ — «энергетическую валюту» клетки с помощью мембранных электрохимических процессов. Их главная движущая сила — протонный градиент, избыток ионов H⁺ на наружной стороне мембраны по сравнению с внутренней.

В общем виде процесс выглядит так. Ферментные комплексы электрон-транспортных цепей проводят окислительно-восстановительные реакции, сопряженные с переносом ионов водорода через мембрану изнутри наружу. Затем ионы водорода входят в клетку через специальную мембранную АТФ-синтазу, которая, в свою очередь, сопрягает движение протонов с синтезом АТФ. Работа электрон-транспортных цепей и АТФ-синтазы — конечный этап превращения энергии, выручаемой при окислении питательных веществ, в энергию связей между фосфатами АТФ, иными словами, в молекулярное топливо, которое клетке удобно использовать.

Тот же электрохимический протонный градиент используется для транспорта молекул в клетку и для вращения бактериальных жгутиков. Компоненты электрон-транспортных цепей очень разнообразны, подстраиваются к условиям обитания клетки, и их гены подвержены горизонтальному переносу.

Мембранные АТФ-синтазы более консервативны. Они делятся на два семейства: F и A/V, которые несколько отличаются по набору субъединиц. F-АТФ-синтазы встречаются у бактерий, в митохондриях и пластидах эукариот, тогда как A/V — у архей (A) и в вакуолях эукариот (V). Мембранные АТФ-синтазы обратимы — они могут или впускать протоны в клетку, синтезируя при этом АТФ, и откачивать из клетки с затратой энергии — гидролизом АТФ. Во втором режиме обычно работают вакуолярные АТФазы, закисляющие среду в лизосо-



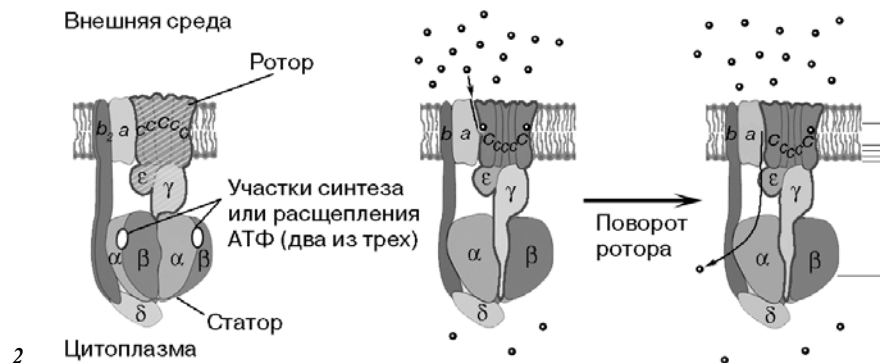
мах (внутриклеточных пузырьках, где разрушаются ненужные структуры).

С этим механизмом стоит познакомиться поближе. Те, кто утверждают, что «природа не изобрела колеса», не знают молекулярной биологии. АТФазы обоих семейств состоят из вращающейся части — «ротора» и неподвижной — «статора». «Ротор» — кольцо из 10—15 мелких с-субъединиц в мембране и стержень в цитоплазме. «Статор» соединен боковым стержнем с кольцом из трех А и трех В субъединиц. Статор и с-субъединицы образуют карманы для протона, по одному с каждой стороны мембраны. Чтобы ион мог пройти из кармана в карман и пересечь мембрану, с-кольцо должно повернуться. Каждый ион делает полный круг вместе с ротором, и при каждом повороте с-кольца на одну субъединицу очередной ион покидает АТФазу.

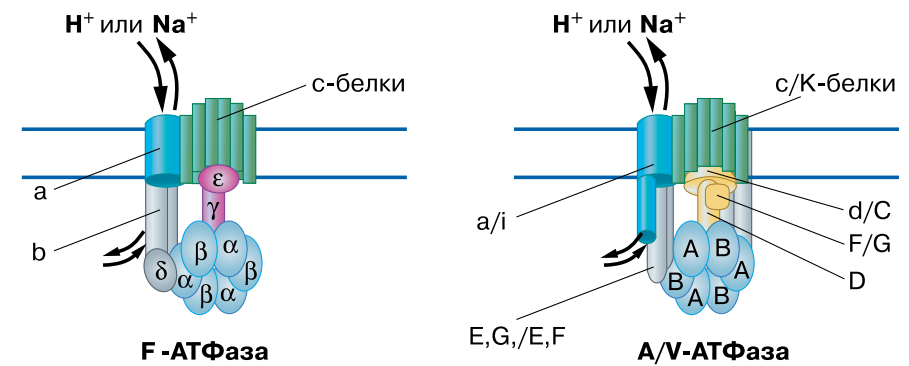
Молекулы АТФ связываются между А и В субъединицами цитоплазматического «статора», три АТФазных центра становятся активными поочередно при вращении стержня ротора внутри АВ-кольца. Таким образом, за один оборот молекулярного комплекса через мембрану переносится от 10 до 15 протонов (по числу с-субъединиц) и синтезируется либо гидролизуется три молекулы АТФ. Синтез АТФ за счет переноса протонов по градиенту часто сравнивают с вращением колеса за счет давления воды, а обратный процесс — с насосом, накачивающим воду вверх; как и все сравнения макромира с микромиром, это сравнение не совсем точно, но общую картину оно отражает.

Каким образом возникло такое изощренное устройство? Есть ли в клетке более простые структуры, похожие на его «детали»? Да, есть. Основные субъединицы АТФ-синтазы и их взаимное расположение напоминают систему секреции белков III типа. (Эта общая для бактерий и архей система активно выделяет белки из клетки, развернув их до альфа-спиралей, с затратой АТФ и вращением выделяемого белка.) А и В-субъединицы статора также обладают более далеким, но достоверным сходством с хеликазами семейства Rho и белком ResA. Эти белки образуют кольца из шести одинаковых субъединиц, которые вращаются вокруг ДНК, расплетая ее за счет энергии АТФ. Таким образом, мембранная АТФ-синтаза происходит от древнего семейства вращающихся АТФаз с разнообразными функциями.

Субъединицы F и A/V АТФ-синтаз гомологичны между собой за исключением стержня ротора — между стержнями F и A/V семейств нет ничего общего. Поскольку стержень необходим для передачи вращения от с-кольца к АВ-кольцу, то есть для сопряжения ионного транспорта с синтезом АТФ, это означа-



2 **Строение АТФ-синтазы F-типа** (no: www.atp synthase.info/FAQ.html). Слева — боковая проекция этого молекулярного механизма; ротор — вращающаяся часть — обведен контуром и заштрихован. Справа тот же механизм в разрезе, показано прохождение одного иона H^+ или Na^+ через канал АТФ-синтазы. По адресу www.mrc-mbu.cam.ac.uk/research/atp-synthase можно найти анимированную схему ее работы. Подробнее и с пояснениями — <http://vcell.ndsu.nodak.edu/animations/atpgradient/index.htm>



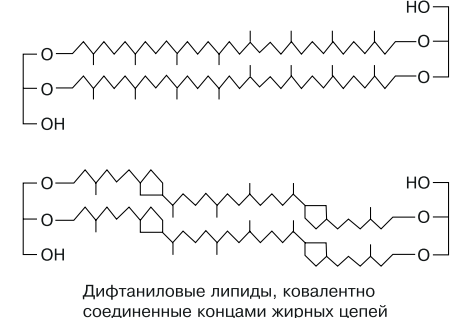
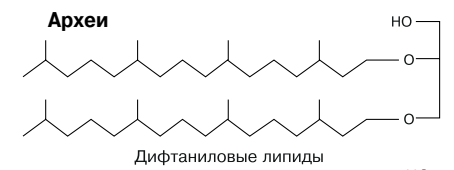
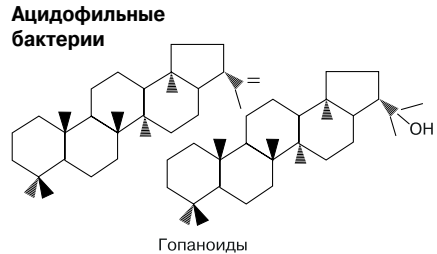
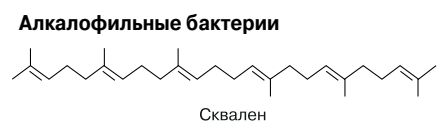
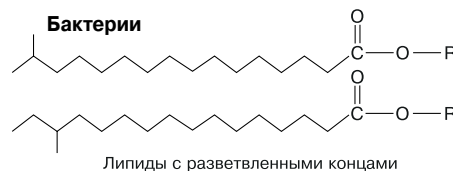
Белковый состав двух типов мембранных АТФ-синтаз (Mulikjanian et al., «Biology Direct», 2008, 3, 13, doi:10.1186/1745-6150-3-13)

ет, что общий предок F и A/V АТФаз не мог сам быть ион-движущей АТФазой. Скорее всего, два семейства АТФаз возникли независимо из системы секреции белков: в обоих случаях выделяемый белок застрял в ней и начал передавать вращение, но это были разные белки.

У некоторых бактерий и архей мембранные АТФ-синтазы впускают в клетку не протоны, а ионы натрия. Соответственно комплексы дыхательной цепи у них тоже откачивают наружу натрий

вместо протонов, жгутик вращается натриевым градиентом, и мембранные транспортеры тоже работают на натрии. Те обладатели натриевой энергетики, что были открыты первыми, обитают в экстремальных условиях — при высокой температуре или в сильнощелочной среде, и замена протонов на натрий выглядит хорошей адаптацией к этим

3 **Некоторые протон-изолирующие компоненты в мембранах бактерий и архей. Еще больше экзотических липидов можно увидеть по ссылке <http://aem.asm.org/content/73/19/6181/F1.expansion.html>**



условиям. Однако затем были открыты бактерии с натриевой энергетикой в самых разных экологических нишах, включая морскую воду и кишечник животных. Некоторые бактерии имеют и натриевую, и протонную АТФазу, два типа комплексов электрон-транспортной цепи и при смене условиях могут переключаться с натриевой энергетики на протонную и обратно.

На филогенетическом дереве АТФаз натрий-специфические ферменты занимают самые нижние ветви в обоих семействах — это говорит об их древности.

Второй аргумент в пользу древности натриевой энергетики — устройство ион-связывающих сайтов *s*-субъединиц. Каждый натриевый сайт образован пятью аминокислотами, атомы кислорода которых точно окружают ион натрия, заменяя молекулы воды в его гидратной оболочке. Протонные сайты же устроены очень по-разному и похожи на поврежденные мутациями варианты натриевого сайта («Biology Direct», 2008, 3, 13. doi:10.1186/1745-6150-3-13).

Третий аргумент следует из происхождения АТФазы от системы секреции: ее мембранные *s*-субъединицы тоже связаны друг с другом ионами натрия.

Четвертый аргумент — состав мембранных липидов. Дело в том, что мембраны из липидов, описанных в начале, как у бактерий, так и у архей, не способны удерживать протонный градиент: протоны просачиваются через них, рассеивая энергию в тепло. Зато такие мембраны непроницаемы для ионов натрия. А чтобы мембраны удерживали протоны, бактерии и археи

добавляют в них разные специальные липиды («Progress in Lipid Research», 2001, 40, 299–324. doi: 10.1016/S0163-7827(01)00009-1, «Advances in Microbial Physiology», 2005, 50, 227–259, doi: 10.1016/S0065-2911(05)50006-7).

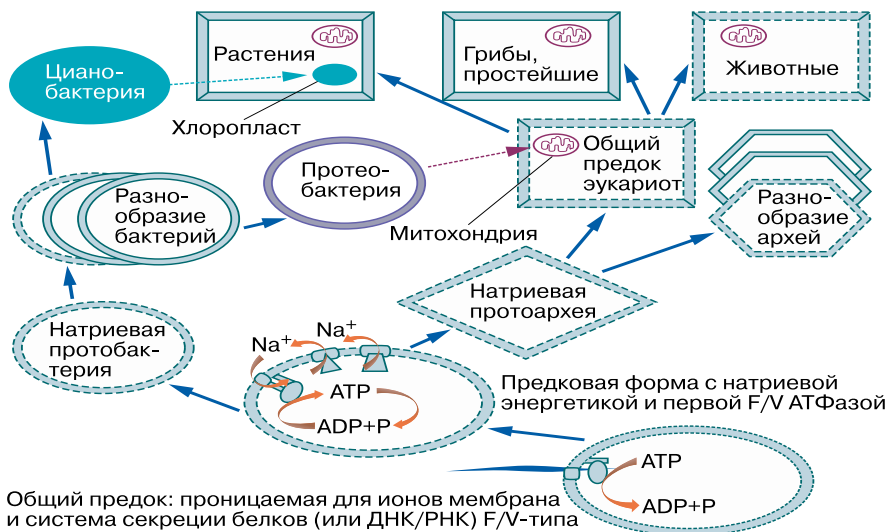
Наиболее распространены у бактерий дополнительные липиды с разветвленными концами жирных кислот. У некоторых гипертермофилов, таких, как *Bacillus acidocaldarius*, на концах жирных кислот есть еще более объемные циклогексановые кольца. Многие группы алкалофильных (живущих в щелочных условиях) бактерий содержат в мембранах терпеновый углеводород сквален. Ацидофильные бактерии, живущие в среде с pH ниже 1, используют плоские циклические терпены — гопаноиды, отдаленно напоминающие стеролы эукариот. Наконец, у архей для создания протоннепроницаемых мембран в дело идут дифтаниловые липиды — продукты восстановления двойных связей в обычных терпеновых липидах архей, кроме того, концы гидрофобных хвостов липидов двух сторон мембраны могут сшиваться.

Таким образом, естественно предположить, что сначала у прокариот существовали более простые по составу мембраны, не пропускающие натрий, а протоннепроницаемость возникла позже. Однако протонный энергетический цикл имеет важное преимущество по сравнению с натриевым: перенос протонов через мембрану легко сопрягается почти с любой окислительно-восстановительной реакцией. Протон-движущие комплексы электрон-транспортной цепи гораздо разнообразнее, чем натриевые. Например, натриевые электрон-транспортные цепи не работают с молекулярным кислородом. Зато существуют не окислительно-восстановительные натриевые насосы, например пиррофосфатазные и декарбоксилазные, что означает возможность мембранной энергетики без электрон-транспортных цепей.



Подводим итоги: общий предок бактерий и архей имел примитивные мембраны, вероятнее всего — с однохвостыми липидами из терпенового спирта и полярной головки, без глицерина. Мембраны пропускали протоны и ионы металлов, но задерживали белки и РНК, поэтому для управляемого выделения белков во внешнюю среду возникли системы секреции. После разделения линий бактерий и архей у тех и других независимо появились мембраны из липидов с двумя гидрофобными хвостами, непроницаемые для ионов металлов. Выход из геотермальных местообитаний в моря, с их высокой концентрацией натрия, потребовал создания систем откачки натрия из клеток. Так появились натриевые насосы, использующие энергию разных химических реакций. Затем в системе секреции белка застрял секретлируемый продукт, превратив ее в Na-движущую АТФ-синтазу, и создаваемый химически насосами натриевый градиент стал частично расходоваться на синтез АТФ. Это независимо произошло в линиях бактерий и архей. Далее, по мере освоения сильноокислых местообитаний, появились протоннепроницаемые мембраны, а мутация Na-АТФ-синтазы превратила ее в протонную. Это позволило использовать ее для откачки лишнего протонов из клетки за счет энергии АТФ. Другие прокариоты для той же цели — откачки протонов — приспособили комплексы дыхательной цепи. После этого горизонтальный перенос генов свел в одной клетке протон-движущие комплексы дыхательной цепи и протон-движущую АТФазу. Комплексы дыхательной цепи создавали более высокую разность потенциалов, поэтому протонная АТФаза заработала в обратном направлении — стала синтезировать АТФ (если взять два электрических генератора и соединить их проводами, тот из них, который давал меньшее напряжение, станет работать электродвигателем). Наконец, протонная энергетика благодаря разнообразию используемых окислительно-восстановительных реакций в значительной степени вытеснила натриевую, что мы и наблюдаем в современном мире.

4
Схема эволюции мембран и мембранной энергетики (Mulkiđjanian et al., Biol. Direct», 2008, 3, 13. doi:10.1186/1745-6150-3-13). Сплошными линиями показаны мембраны, непроницаемые для протонов, пунктирами — непроницаемые для натрия, точечной линией — проницаемая для всех ионов металлов и протонов мембрана общего предка

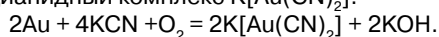


Цианид или царская водка



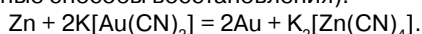
НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Даже школьники знают, что золото — суперустойчивый металл. Оно не окисляется, как другие металлы, кислородом и не растворяется даже в сильных кислотах (только в царской водке — смеси азотной и соляной кислот). Это говорит о том, что золото, хоть оно и металл, не склонно делиться своими электронами с другими веществами. Ситуация меняется, когда рядом с золотом помимо окислителя оказывается лиганд. Тогда золото уступает свои электроны, а само превращается в комплекс — молекулу, в которой атом золота окружен строго определенным количеством соседей. Именно такое взаимодействие лежит в основе промышленного способа получения золота. Его помещают в раствор цианида, где в присутствии кислорода образуется цианидный комплекс $K[Au(CN)_2]$:

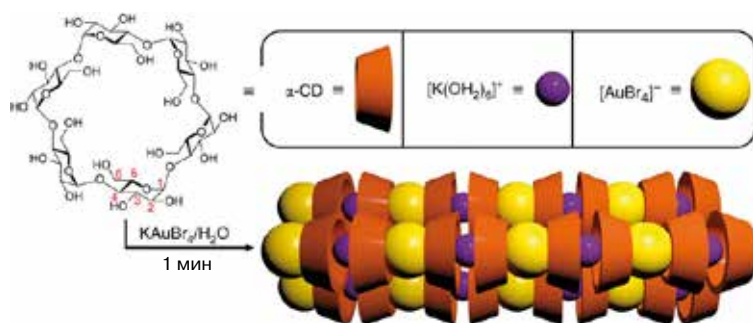


Зачем растворять золото, если оно встречается в природе в самородном состоянии? Времена, когда золото добывали вручную и находили огромные самородки, закончились на рубеже XIX—XX веков вместе с знаменитыми «золотыми лихорадками». Хотя золото и сегодня встречается в природе в металлическом виде, но оно сильно рассеяно — приходится перерабатывать тонны руды, чтобы получить несколько грамм ценного металла.

Реакции в растворах очень удобны для промышленного применения — их легко концентрировать, а отработанные растворы, восстановив, можно снова пустить в производственный цикл. В промышленности золото, содержащееся в руде, вначале переводят в цианидный комплекс, а затем восстанавливают цинком (в последнее время используют и иные способы восстановления):



На сегодня «цианидный» метод получения золота, известный с конца XIX века, — основной, с его помощью получают почти 90% мирового золота. Это очень эффективный современный процесс, который окупается даже при переработке бедной руды, ведь с помощью водных растворов цианидов можно извлечь почти 100% содержащихся в породе драгоценных металлов. Поэтому горнодобывающие компании сегодня вовлекают в переработку запасы тех руд, которые прежде считали непригодными для рентабельной добычи.



Очевидный недостаток данного метода — высокая токсичность цианидов. Это опасно и для людей, работающих на производстве, и для окружающей среды, куда неизбежно попадают стоки. А если случаются аварии, то берегись все живое. Промышленные объемы использования цианидов впечатляют: по расчетам исследовательской группы «Информайн», российская золотодобывающая отрасль использует 250—300 тонн цианистого натрия на тонну коренного золота, и в 2009 году общий его объем равнялся 33,3 тысячи тонн. Кстати, смертельная доза цианида для человека — всего около 0,2 грамма.

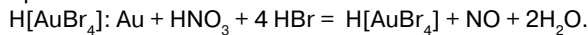
Основная альтернатива цианидному методу — амальгамный, при котором золото растворяют в ртути. Но есть и другие — тиосульфатный (золото переводят в тиосульфатный комплекс) или переводение золота в комплекс с помощью тиомочевины. По разным причинам эти способы применяют лишь изредка в частных случаях.

Надо понимать, что пришло время в промышленных масштабах извлекать золото из вторсырья — отслужившей свое электроники и других отходов. Возможно, для этого удастся применить метод, который случайно обнаружили американские ученые из Северо-Западного университета (штат Иллинойс). Они пытались получить трехмерный полимер с порами кубической формы, который можно было бы использовать для хранения газов и других низкомолекулярных соединений. Из раствора циклодекстрина и соли золота быстро выпал осадок, который оказался супрамолекулярным комплексом («Nature Communications», 2013, 4, 1855, 10.1038/ncomms2891).

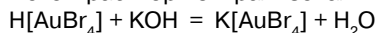
Циклодекстрины — это циклические олигосахариды, которые получают ферментным путем из крахмала. Они различаются по количеству остатков глюкозы в одной молекуле, но все представители семейства имеют форму полого усеченного конуса. Наружу торчат ОН-группы, которые делают внешнюю поверхность конуса гидрофильной (поэтому циклодекстрины прекрасно растворяются в воде). Внутренняя поверхность, наоборот, гидрофобная, благодаря ей эти соединения образуют комплексы включения с органическими и неорганическими молекулами. Теми из них, размер и конфигурация которых соответствуют внутренней полости циклодекстрина.

У американских химиков получился даже не комплекс (рис.), а длинная супрамолекулярная цепочка, в которой квадратный плоский комплекс $AuBr_4^-$ — расположен строго на одной оси с конусом циклодекстрина, причем лишь с одной его стороны. Процесс оказался настолько избирательным, что он идет только с этой солью золота и с альфа-циклодекстрином, у которого в цикле шесть остатков глюкозы. Осаждению золота не мешает присутствие в растворе платины, палладия и других благородных металлов, что само по себе удивительно. Фактически это то самое стопроцентное узнавание, существующая в природе «самосборка», повторить которую мечтают многие химики.

Избирательное осаждение соли золота в присутствии солей других металлов натолкнуло экспериментаторов на мысль, что этот процесс можно использовать в промышленности. Сначала лом металлов, содержащий в том числе и золото, растворили в аналоге царской водки (в нем соляная кислота заменена на бромоводородную) — при этом образуется растворимый комплекс



Потом раствор нейтрализовали



и добавили раствор циклодекстрина. Осадок образуется менее чем за минуту, после чего остается только восстановить золото пиросульфитом натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$. Кстати, циклодек-

стрин можно извлекать из раствора и использовать снова. Как утверждает один из авторов исследования Фрейзер Штоддарт, этот изящный лабораторный метод можно легко масштабировать для производства. Циклодекстрины стоят недорого, а их мировое производство достигает десятков тысяч тонн. Сомнение вызывает лишь аналог царской водки — очень агрессивная смесь азотной и бромоводородной кислот. В больших масштабах это не самый привлекательный реактив.

Кандидат химических наук

Т.В.Никитина

Золото нечистое — золото чистое



РАССЛЕДОВАНИЕ

Много лет назад, внимательно читая текст Ветхого завета, я обратил внимание, что в нем многократно упоминается «чистое золото». Значит, было известно и нечистое. Следовательно, в те далекие времена люди уже умели очищать золото, владели секретом рафинирования золота от сопутствующих примесей, в первую очередь от меди, серебра, свинца. Что это был за секрет?

Косвенный ответ есть в Книге пророка Захарии: в тринадцатой главе, девятом стихе он грозит очистить своих граждан от скверны, как очищают золото в огне. Иными словами, золото чистили прокаливанием, при котором примеси выгорали. А дальше?

Известно, что практическая мудрость древних евреев сосредоточена в Талмуде. Еще в начале XX века Н.Преферкович перевел эту книгу на русский язык. Однако в ней я не нашел нужных сведений. Не помогла и Вавилонская Агада. Зато нужные сведения содержались в тексте, озаглавленном «Албертус славный. О таинствах женских, еще о силах трав, камней, зверей, птиц и рыб. Во Амстердаме, у Юдона Юптония лета 1648. Переведен же слово от слова с латинска на славенский и написан лета Господня 1670, от создания же мира 7178». Впервые ее опубликовал (в переводе уже на современный русский язык) известный историк химии Н.А.Фигурновский в «Трудах Института истории естествознания АН СССР» (1948, т. 11).

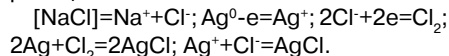
Эта книга в высшей степени любопытна! В ней содержатся самые разные сведения, рецепты, многие из них явно восточного происхождения. Рецепт, о котором пойдет речь, перекликается с текстами ассирийского сборника «Печ-

ные дверцы». Скорее всего, он и был известен древним евреям.

Вот он: «Указ, как золото разделить от меди. Возьми песку речного и положи в горшечик золота, да на золото соли, а на соль положи песку, а на песок соли же, и опрокинуть в печь на дрова тот горшечик, золото отделится, а медь останется».

Вот как просто! Давайте разберемся, как рецепт работает.

В «горшечке» была следующая система: золото (с примесями — медью, серебром, свинцом, сурьмой, возможно, висмутом), диоксид кремния и хлорид натрия. При сильном нагреве в печи медь, свинец, висмут, выгорая, превращаются в оксиды. Затем они образуют с диоксидом кремния мета- и ортосиликаты — шлаки, которые, будучи легкими, оказываются сверху. А серебро в этих условиях превращается в хлорид, поскольку образуется примитивный гальванический элемент, где золото и серебро — электроды, раскаленный, а возможно, и расплавленный хлорид натрия — электролит. В нем идут такие реакции:



Хлорид серебра также уходит в шлак. После охлаждения в нем окажутся непрореагировавший песок, соль, силикаты меди, свинца, висмута, хлорид серебра. А под шлаком — более-менее чистое золото.

Почему в «указе» речь идет об очистке золота только от меди? Да потому, что в древности химию мастера не знали и не ведали, что помимо меди, главной и зримой примеси (при нагреве «нечистого» золота оно чернеет из-за превращения меди в оксид), есть и другие элементы, продукты окисления которых не столь

заметны.

Познакомившись с этим рецептом, я решил его воспроизвести.

В моем распоряжении оказался кусочек старинного золотого украшения весом 5,3219 г, в котором, по данным спектрального анализа, на 5,2696 г золота приходилось 0,0276 г меди, 0,0112 г серебра и 0,0133 г других элементов. Этот кусочек я истер в агатовой ступке в порошок. А дальше, как и рекомендовано в рецепте, насыпал в тигель слой диоксида кремния (правда, вместо песка я взял истертый в той же ступке кусок негодной кварцевой трубки), сверху порошок золота, на золото — соль, потом снова диоксид кремния. Тигель нагрел до 800°C и выдержал при этой температуре ровно полчаса. Затем охладил. Снова нагрел — снова охладил, и так четыре раза. Что же получилось в результате?

Сверху в виде застывшей пены был хлорид серебра. Ниже — шлак грязно-зеленого цвета (смесь силикатов), а в самом низу — золотой королек. После отмывания и высушивания его вес оказался 5,2794 г. В состав королька, помимо 5,2696 г золота, вошли 0,0091 г серебра, 0,0005 г меди и 0,0002 остальных примесей.

Как видим, далеко не идеальный способ получения «чистого золота», но и не самый плохой. Главное — таким образом можно было рафинировать золото в очень глубокой древности. Ведь все компоненты легко доступны и условия легко выполнимы!

Н.А.Паравян

Кадмий: факты и фактики

А. Мотыляев

Откуда берут кадмий? Кадмий всег-

да содержится в рудах, из которых добывают цинк, свинец, иногда и в медной руде. Поэтому он неизбежно оказывается в отходах производства этих металлов. Но их не выбрасывают, а стараются переработать, поскольку там есть множество других нужных человеку элементов. Доля кадмия весьма велика — 0,3—0,5% от веса цинкового концентрата, и выбирают его оттуда на 95%. Собственно, и открыт был кадмий при изучении соединений цинка. Рассказывают такую историю (см. «Химию и жизнь», 1970, № 9). В 1817 году в Магдебурге возник конфликт: окружной врач Ролов велел изъять из продажи все препараты с оксидом цинка, заподозрив, что там есть мышьяк. Аптекари же клялись, что никакого мышьяка в препаратах нет, разве что оксид железа, придающий мази желтоватый цвет. Арбитром выступил профессор Фридрих Штроемeyer из Гёттингенского университета, который был в то время главным фармацевтическим инспектором. Ему действительно удалось выделить из препарата желтоватое соединение. Однако оно не имело никакого отношения ни к мышьяку, ни к железу, а оказалось оксидом нового элемента. Осенью 1817 года в разговорах с коллегами Штроемeyer назвал его кадмием, чему дают следующее объяснение. Легендарный финикийский царевич Кадм, придя в Беотию в поисках своей сестры Европы, украденной Зевсом, построил там крепость Кадмею. Вокруг нее потом выросли древнегреческие Фивы. В античное время около этого города нашли специфическую смесь соединений цинка, названную «кадмиейской землей» или кадмеей. Этим названием Штроемeyer и воспользовался.

Ролов также вскоре убедился, что подозрительная примесь — не мышьяк, а соединение нового металла. Но его статья, посланная в «Journal für der praktischen Heilkunde», задержалась и вышла в апреле 1818 года, когда в среде химиков уже знали об открытии Штроемeyera.

Как сказался желтый цвет соединения на интересе к кадмию? Самым непосредственным образом: вскоре после открытия Штроемeyera некто Карстен, старший советник



по металлургии завода в Бреслау (ныне Вроцлав), нашел в силезской цинковой руде элемент, который давал желтый осадок при пропускании через его раствор сероводорода, и назвал его «мелиниумом» от латинского слова «mellis», что значит мёд. Это был все тот же кадмий, а его сульфид стал прекрасным желтым пигментом сначала для художников, а потом, когда цена снизилась, и в малярном деле. Получая сульфид кадмия разными способами, можно сделать красивую краску разных оттенков — от лимонного до оранжевого. Поскольку она устойчива к кислотам, щелочам и сильному нагреву, кадмиевая желть подошла и для росписи керамики. Кроме того, если смешать сульфид кадмия с ультрамарином, образуется превосходная зеленая краска — кадмиевая зелень. При горении кадмий дает синий цвет, поэтому его



использовали также в пиротехнике. Таким образом, в 90-х годах XX века 17% кадмия шло на приготовление красок различного назначения.

Какова основная область применения кадмия? Никель-кадмиевые аккумуляторы: один из электродов в них сделан из кадмия или его гидроксида, их производство потребляет более 60% всего добытого кадмия. Эти аккумуляторы очень живучие: они могут обеспечить в несколько раз больше циклов разрядки-зарядки, чем ближайшие конкуренты — свинцовые аккумуляторы, правда, и стоят они в десять раз больше. И по соотношению запасенной электроэнергии к весу Ni-Cd в два раза превосходят Pb, что делает их перспективными для электромобилей. Срок жизни современных никель-кадмиевых аккумуляторов — более 30 лет. Они быстро заряжаются и быстро отдают энергию, а благодаря малому внутреннему сопротивлению могут обеспечить большую плотность тока без разогрева. Поэтому их применяют везде, где требуются большие плотности тока, — в электрокарах, троллейбусах, трамваях, электропоездах, шуруповертах, а также в радиоаппаратуре и бытовой технике. До недавнего времени они же снабжали энергией компьютеры и сотовые телефоны, но теперь их место занимают литий-ионные. Никель-кадмиевые аккумуляторы предполагают использовать и в системах альтернативной энергетики, где бывает нужно время от времени куда-то закачивать лишнюю энергию, которая потом компенсирует недостаток производства из-за плохой погоды: такие аккумуляторы могут обеспечить надежное хранение до 6,5 МВт · ч электроэнергии, что ставит их в один ряд со свинцовыми и натрий-сульфидными.

Среди недостатков никель-кадмиевых аккумуляторов — большая саморазрядка и эффект памяти: если заряжать аккумулятор, который разряжен не полностью, он каждый раз будет накапливать все меньше и меньше энергии. Есть мнение, что с этим эффектом можно бороться, если время от времени очень сильно разряжать такой аккумулятор. Но главный их недостаток — ядовитость кадмия; из-за нее использование никель-кадмиевых аккумуляторов, впрочем, как и кадмиевых пигментов для красок, стабилизаторов для полимеров (10% от производства металла), покрытий для металлов (5%), постоянно снижается.

Какая область применения кадмия находится на подъеме? Производство солнечных батарей. Теллурид кадмия неплохо преобразует солнечный свет в электричество, хотя и уступает кремниевым батареям: эффективность у имеющихся на рынке модулей составляет 8—9% и 13—16% соответственно. Однако теллурид кадмия наносят в виде тонких пленок на токопроводящее стекло, что требует гораздо меньших затрат энергии и материалов, нежели производство кремниевых батарей. В результате («Renewable and Sustainable Energy Reviews», 2012, 16, 5245—5259; doi: 10.1016/j.rser.2012.04.034) затраты энергии на производство батареи окупаются выработкой энергии уже через год, что в два-три раза (равно как и выбросы углекислого газа на производимый ею киловатт электричества в Европе) меньше, нежели у кремниевых ба-

тарей. Иначе говоря, батареи с использованием соединений кадмия весьма дружелюбны к окружающей среде. При росте эффективности это различие еще увеличится, и перспективы тут есть, поскольку рекордные значения эффективности для теллурида кадмия составляли в 2011 году 15,6 и 13,8% при нанесении его тонкой пленки на стекло и гибкий полиимид соответственно. Батареи на полимерной основе весят в сотни раз меньше стеклянных, легко монтируются на изогнутых поверхностях, чем и привлекают внимание исследователей.

Тонкие пленки — еще не все. Элементы на квантовых точках из халькогенидов — сульфида, теллурида и селенида кадмия — перспективные представители солнечных элементов третьего поколения, которые, по мнению экспертов, способны наконец-то обеспечить этому источнику энергии самокупаемость. Точки привлекают внимание исследователей, потому что благодаря зависимости их свойств от размеров можно добиться поглощения и преобразования в электричество всего солнечного спектра. Кроме того, в некоторых опытах халькогенидные квантовые точки показали способность к получению нескольких электронов от одного фотона — эффект множественной генерации экситонов. Очевидно, что при грамотном использовании он многократно увеличит эффективность преобразования света, а это позволяет рассчитывать на сближение стоимости электроэнергии от Солнца и сжигания угля.

Пока что, правда, потенциал квантовых точек полностью не раскрыт — рекордную эффективность в 5,42% на начало 2013 года продемонстрировал элемент на квантовых точках из сульфида и селенида кадмия с добавками марганца («Renewable and Sustainable Energy Reviews», 2013, 22, 148—167; doi: 10.1016/j.rser.2013.01.030). Считается, что сами по себе точки в этом не виноваты — еще не подобран оптимальный материал электродов, обеспечивающий полное снятие с них получившихся при фотореакции носителей заряда. Не исключено, что и при изготовлении электродов пригодится кадмий, — опыты с электродом из станната кадмия CdSnO₃ для солнечных батарей показывают неплохие результаты («Solar Energy Materials & Solar Cells», 2013, 117, 300—305; doi: 10.1016/j.solmat.2013.06.009).

Какие еще наночастицы делают из соединений кадмия? Самые разнообразные: наностержни, нанотрубки и даже структуры, подобные морским ежам. Не исключено, что некоторые из них найдут себе применение в технологиях будущего.

Есть ли кадмий в оловянных солдатиках? Он вполне может там оказаться, потому что небольшая добавка кадмия очень сильно снижает температуру плавления других металлов и, соответственно, обеспечивает лучшее заполнение формы литейным сплавом. Неудивительно, что он входит в состав знаменитого сплава Вуда и его разновидностей. Такие сплавы находят широкое применение в металлографии (ими заливают шлифы, образцы для микроскопического исследования), в точном литье, они служат выплавляемыми стержнями при изготовлении полых фигур, а также легкоплавкими

предохранителями. Видимо, именно английский инженер Барнаба Вуд первым и обнаружил способность кадмия снижать температуру плавления других металлов, ведь элементы, входящие в состав сплава его имени, — семь-восемь частей висмута, четыре свинца и по две олова и кадмия — имеют температуры плавления соответственно 271, 327, 231 и 742°C. А все вместе плавятся при 69°C! Этот результат в 1860 году был столь неожиданным, что редакционная коллегия журнала «The American Journal of Science and Arts» добавила к статье Вуда такую приписку: «У нас хватило времени, чтобы повторить только несколько интересных опытов доктора Вуда, относящихся к удивительному влиянию кадмия, которое он оказывает, понижая точки плавления различных сплавов». Сейчас способность кадмия снижать температуру плавления металлов используют, добавляя его в припой, — на это идет 2% мирового производства металла. Причем в припой не только промышленные, но и самодельные. Вот, например, на форуме ювелиров мастера дают такие рекомендации: «Добавьте немного кадмия в золото, его температура плавления окажется ниже, чем у металла изделия, и можно будет припаять требуемую деталь. Поскольку с большой вероятностью кадмий испарится при пайке, проба изделия может и не измениться. Только паять надо под тягой, чтобы не отравиться».

Каков путь кадмия в организм? «Кадмий в детских игрушках — это невозможно, он же ядовит», — скажет читатель. И будет прав, но только отчасти, поскольку вряд ли кадмий из оловянного солдата (любой фигурки из серебристого тяжелого металла, отлитой в маленькой мастерской) или из желтого узора на салатнице может как-то попасть в организм человека. У него есть совсем другие пути. Их три. Во-первых, с дымом сигарет: кадмий прекрасно накапливается в табачных листьях. Во-вторых, из воздуха, особенно городского: в нем много дорожной пыли, получающейся при истирании шин и тормозных колодок (а кадмий входит в их состав); чем больше дышишь этой пылью, чем выше содержание кадмия в организме. Так, у регулировщиков дорожного движения оно в полтора раза больше, чем у дорожных рабочих из сельской местности («Chemosphere», 2013, 90, 7, 2077—2084). Присутствует кадмий и в дыме тепловых станций, если они работают на угле, и в дыме от сжигания дров, поскольку деревья извлекают его из почвы. Третий же источник — еда, особенно корни, листья и зерна растений: именно там накапливается кадмий. Исследования, проведенные учеными из Сиэтла, показали, что у молодых женщин, живущих в незагрязненных кадмием местах, курение — главный источник кадмия, оно увеличивает содержание этого металла в полтора раза. А вот среди пищевых продуктов значительным источником кадмия оказался соевый творог тофу — одна его порция в неделю увеличивает содержание кадмия в организме на 22% («Science of the Total Environment», 2011, 409, 9, 1632—1637). Много кадмия содержится в моллюсках и ракообразных, которые питаются планктоном. Новозеландские биологи установили, что кадмий в морской воде (его концентрация в ней составляет 0,11 мкг/л), скорее всего, оказался там по вине человека. Кадмий содержится в фосфорных удобрениях, откуда он, кстати, главным образом и попадает в съедобные растения. Дожди смывают удобрения в реки, потом — в море. Кадмий путешествует на поверхности микрочастиц. Попав в соленую воду, он высвобождается и оказывается в фитопланктоне, а с ним и в устрицах. В результате моллюски, которых выращивают повыше в устьях рек, где кадмий от микрочастиц еще не отмылся, относительно чистые, а те, что ниже, содержат особенно много этого металла («Science of the Total Environment», 1996, 181, 1, 31—44). Содержание кадмия в устрицах — 13—26 мкг на грамм сухого веса. Для сравнения: в семечках подсолнечника, которые тоже считают важным источником кадмия, — 0,2—2,5 мкг на грамм зернышек, в

листьях табака — 0,5—1 мкг на грамм сухого веса. Поскольку планктоном питаются не только устрицы, кадмий оказывается и в рыбе, выловленной в грязных морях. А самое грязное — Балтийское море, куда впадает много рек из промышленных районов и областей с интенсивным сельским хозяйством.

Как антропогенный кадмий попадает в окружающую среду? Помимо фосфорных удобрений, дорожной пыли и сгорания топлива, есть еще два пути. Первый — цветная металлургия: при всех усилиях, направленных на очистку выбросов, некоторое его количество неизбежно проходит сквозь все фильтры. Второй — свалки и места переработки мусора, например, когда там горит пластик. Однако на свалке даже без нагрева кадмий выщелачивается и с водой попадает в почву. В общем, цветная металлургия дает 5 тысяч тонн выбросов кадмия в год, сжигание мусора — 1,5, а производство фосфорных удобрений и сжигание дерева — по 0,2 тысячи тонн из тех семи с лишним тысяч тонн, которые человек рассеивает в окружающей среде примерно с 30-х годов XX века. Собственные возможности природы скромнее: 0,52 тысячи тонн дают вулканы и 0,2 тысячи тонн — выделения растений, всего 0,83 тысячи тонн (см. «Химию и жизнь», 1979, № 12). Иными словами, превратить в металл (а мировой выпуск уже которое десятилетие колеблется в пределах 17—20 тысяч тонн в год) удается не более двух третей извлеченного из земных недр кадмия, так что перспективы утилизации здесь весьма широки. Однако нет стимула, о чем пойдет речь дальше.

Как поведут себя новые материалы, содержащие кадмий, на свалке? По-разному. Подробный анализ провел Василий Фтенакос из Брукхевенской национальной лаборатории (США), который подробно описал жизненный цикл батареи из теллурида кадмия («Renewable and Sustainable Energy Reviews», 2004, 8, 303—334; doi:10.1016/j.rser.2003.12.001). Он рассуждает так. В солнечном элементе соединение кадмия расположено между слоями стекла или пластика. Поэтому частицы, содержащие кадмий, могут появиться в окружающей среде лишь при разрушении элемента, что случается либо в очень пыльной местности, либо при поломке. Но даже тогда, как показал эксперимент, никакой дождь не в состоянии вымыть сколько-нибудь заметное количество кадмия из элемента. Температура испарения CdTe превышает 1000°C, а CdS, также имеющегося в этих элементах, — 1700°C, поэтому никакого испарения при эксплуатации не будет.

А что, если элемент стоит на крыше частного дома, в котором случился пожар? На воздухе теллурид кадмия остается стабильным вплоть до температур 1050°C, что меньше нагрева при обычном пожаре. Прямые опыты доказали, что, если батарея сделана на стеклянной подложке, почти весь кадмий останется в расплавленном стекле — лишь 0,6% его и без того небольшого количества (все-таки это тонкая пленка) может высвободиться. Некоторые элементы, оказавшись разбитыми на свалке, действительно разрушаются, высвобождая кадмий, другие же, более современные, нет. Законодательным регулированием можно добиться, чтобы выбрасывали только безвредные элементы. А лучше бы вообще их не выбрасывать, ведь в них есть ценный теллур.

К сожалению, Фтенакос ничего не говорит об элементах на полимерной основе, которая, скорее всего, сгорит, и никакого вплавления кадмия в стекло не произойдет. Зато он отмечает, что запреты на использование кадмия могут привести к гораздо худшим последствиям: лишившись рынка сбыта, изготовители цинка, свинца и меди перестанут извлекать кадмий из отходов и те станут гораздо сильнее загрязнять все вокруг, чем свалки (вспомним треть кадмия, вылетающего в трубу). Поэтому использование кадмия надо расширять при ужесточении мер по утилизации изделий.

Отдельно стоит вопрос об устройствах на наноточках: при

разрушении эти материалы неизбежно будут рассеивать наночастицы, которые смогут перемещаться по пищевой цепи. Есть данные («Journal of Hazardous Materials» 2011, 192, 15, 192–199; doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.05.003), что при этом они отнюдь не останутся неизменными: в печени и почках крыс, которым наноточки селенида кадмия вводили в брюшную полость, отмечалось возрастание свободной кадмия. Сильнее всего эффект был выражен, если наночастицы перед употреблением освещали ультрафиолетом (видимо, так и будет с нанопылью в природных условиях). Очевидно, что требования к утилизации солнечных элементов и других устройств на подобных наночастицах должны быть строже, чем при использовании монолитных изделий.

Чем опасен кадмий? Вопрос гораздо сложнее, чем может показаться, поскольку кадмий попадает в организм в микроскопических количествах и действует далеко не мгновенно. Подробно об этом пишут исследователи из университета Северной Дакоты во главе с Сойсунваном Сатаругом («Environmental Health Perspectives», 2010, 118, 182–190; doi: 10.1289/ehp.0901234). Перескажем этот обзор.

Можно считать доказанным, что у людей, проживающих в местностях, где в почве содержится значительное количество кадмия и пища постоянно загрязнена им, наблюдается повышенная хрупкость костей. Японцы назвали эту болезнь итай-итай: она проявилась в 40-е годы в префектуре Тояма, где фермеры использовали воду из цинковой шахты для орошения полей. Содержание кадмия в рисе было таким высоким, что ежедневное его потребление составило 600 мкг в день, или 4200 мкг в неделю, или до 2 граммов на человека за всю жизнь. Выявить причинно-следственную связь тут несложно, чего не скажешь о хроническом потреблении кадмия в малых дозах. Здесь все сводится к процентам риска получить то или иное заболевание. До сих пор досконально неизвестно, какие дозы кадмия можно считать безвредными. Всемирная организация здравоохранения в 1989 году назвала максимальное допустимое потребление кадмия в неделю: 400–500 мкг, исходя из того, что 2 г за всю жизнь — это много, приводит к итай-итай. В 1992 году норму пересчитали, она составила 7 мкг в день на килограмм веса. Нетрудно заметить, что недельная доза для человека весом 70 кг получается такой же — 490 мкг. При расчете предполагали, что организм усваивает 5% поступающего в него кадмия, а с мочой выходит 0,005% от того количества металла, что уже в нем есть. Однако некоторые медики подвергают такую модель сомнению, указывая, что им встречались случаи, когда организм усваивал и 40% поступившего в него кадмия. Более того, измерения показали, что потребление уже 1 мкг на кг в день приводит к тому, что в моче окажется 2 мкг кадмия на грамм креатинина, а неприятные эффекты проявляются и при гораздо меньшем его содержании. (Содержание в моче кадмия и других вредных металлов, концентрация которых мала, обычно выражают в микрограммах на грамм креатинина — это вещество образуется при работе мышц и постоянно выделяется с мочой. Результат, представленный в таких единицах, не зависит от разведения образца. Далее слово «креатинин» будем опускать. Очевидно, что мерить кадмий в моче гораздо проще, чем его поступление в организм из разных источников)

Какие это эффекты? При прочтении обзора складывается мнение, что кадмий вызывает симптомы старости. Прежде всего, накапливаясь в почках, он ускоряет деградацию почечных канальцев. По одним данным, если с мочой выделяется 2–4 мкг кадмия за сутки, вероятность деградации почек составляет 10%; согласно другим, когда меряют не суточное выделение, а концентрацию в исследуемом образце, опасно уже содержание кадмия в моче 0,67 мкг/г. (Если считать, что за сутки с мочой выделяется 1–2 грамма креатинина, то получается, что опасная суточная доза выделения кадмия —



около 1 мкг.) В результате деградации канальцев ослабляется способность почек возвращать в организм витамины, минералы и прочие полезные вещества, например связанные с металлотронеинами цинк и медь, кальций, фосфаты, глюкозу, аминокислоты. Двукратное повышение уровня кадмия в моче повышает содержание в ней кальция на 2 мг в день. Нетрудно догадаться, что потери кальция увеличивают риск остеопороза. Действительно, в группе женщин старше 50 лет с более 1 мкг/г кадмия в моче риск остеопороза на 43% выше, чем у тех, у кого было менее 0,5 мкг/г. При содержании кадмия между 1 и 2 мкг/г риск повышенного содержания глюкозы и развития диабета второго типа — соответственно 1,48 и 1,24 по сравнению с теми, у кого его меньше 1 мкг/г. Обследование корейцев, четверть которых страдала от высокого давления, показало, что риск этого недомогания у людей с высоким содержанием кадмия в полтора раза выше, чем с низким. Риск инфаркта у женщин с содержанием более 0,88 мкг/г кадмия в моче в 1,8 раз выше по сравнению с теми, у кого меньше 0,43 мкг/г. Вероятность смерти от рака у мужчин с менее 0,22 и более 0,48 мкг/г кадмия в моче различается в 4,3 раз. Имеются подозрения, что кадмий снижает плодovitость у мужчин.

В общем, из данных труда доктора Сатаруга с коллегами следует, что именно загрязнение окружающей среды кадмием виновато в том, что возрастные болезни на протяжении XX века сильно «помолодели».

Есть и странные данные. Так, замечена сильная связь между содержанием кадмия в моче и риском получить высокое давление у американцев, которые не курят, в то время как у курильщиков такой связи не замечено. Между тем у любителей сигарет потребление кадмия заведомо выше, а, кроме того, содержание кадмия в моче американцев вообще в три с лишним раза меньше, чем у упомянутых выше корейцев. У курильщиков со старческой деградацией сетчатки уровень кадмия в моче составил 1,18 мкг/г — почти в два раза больше, чем у курильщиков без этой болезни и здоровых некурящих. Однако и у тех некурильщиков, у которых болезнь развивалась, кадмия было столь же мало, как и у здоровых людей — значит, дело не только в нем. Подобные противоречивые данные заставляют задать вопрос: а может быть, повышенное содержание кадмия в моче отражает не причину, а следствие каких-то системных процессов в организме? В конце концов, потребление кадмия в большинстве упомянутых в обзоре работах не меряли, только его выход.

Как бороться с кадмием в организме? Научных исследований на эту тему немного, а принцип указан в той же работе исследователей из Северной Дакоты. Кадмий не входит в число жизненно важных элементов, поэтому в организме нет никаких специальных механизмов для его усвоения — кадмий пользуется теми, что предусмотрены для схожих с ним тяжелых металлов, образующих двухвалентные ионы: цинка, железа, марганца и кальция. Недостаток какого-то из этих элементов сразу же приводит к повышенному усвоению кадмия. Так, недостаток железа увеличивает содержание кадмия у тайских женщин в три-четыре раза. То же самое выявили

при изучении женщин Бангладеш, но в игре участвовал еще и цинк. Отсюда следует, сколь важно поддерживать правильный микроэлементный баланс в организме.

Есть и другие идеи. Например, бразильцы показывают, что кофеин существенно, в два с лишним раза, снижает содержание кадмия и в крови, и в тканях, в том числе половых, у подопытных крыс («Reproductive Toxicology», 2013, 35, 137—143; doi: 10.1016/j.reprotox.2012.10.009). По мнению исследователей, кофеин образует комплексы с кадмием, не допуская его усвоения. Напрашивается вывод: обычай запивать трапезу кофе или чаем, где тоже есть кофеин, — правильный.

Иногда возникает парадокс: еда с высоким содержанием кадмия на организме не сказывается. Так, исследование любителей устриц, проведенное в 1986 году, привело к сюрпризу: при максимальном потреблении 72 устриц в неделю они съедали чудовищные 1750 мкг кадмия, но это никак не проявлялось ни в составе мочи, ни в составе волос. Куда девался весь этот кадмий, остается загадкой. Есть предположение, что селен, содержание которого в тех устрицах было высоким, как-то помешал усвоению кадмия, и тот, видимо, вышел с прочими несъедобными веществами через кишечник. Впрочем, в 2008 году соответствие генеральной линии восстановили: у работников устричной фермы, которые каждую неделю съедали по 18 устриц в течение более 12 лет, содержание кадмия в моче выросло-таки в 2,5 раз по сравнению со средним в США — до 0,76 мкг/г.

А может быть, лучше бороться с кадмием до его проникновения в организм, например следить, чтобы он не попадал в почву и воздух? Освободить от кадмия фосфорные удобрения вряд ли возможно, выводить растения с пониженной усвояемостью кадмия долго и дорого, хотя попытки в отношении табака предпринимаются, но можно очистить почву растением-гипераккумулятором — в случае с кадмием это паслен черный *Solanum nigrum*, он же съедобная ягода вороняжка, французская разновидность похожей на пастушью сумку или горчицу яруточки сизовой или ярутки альпийской (*Thlaspi caerulescens*) и китайский очиток *Sedum alfredii*. Правда, неясно, куда девать обогащенные кадмием части этих растений — в компост и золу, получаемую на садовом участке, они явно не годятся. При промышленном сжигании так называемого твердого биотоплива — соломы, хвороста и т.п. — возможности освободиться от вредного металла имеются: нужно отделять содержащие его высокотемпературные фракции дыма от низкотемпературных — тогда получившуюся золу можно будет без опаски вносить назад на поле, восстанавливая его плодородие.

Но главное, что следует чистить, — это воздух. Самый радикальный метод выбрали американские, а теперь и евросюзовские власти — непримиримая борьба с табакокурением («Environmental Health Perspectives», 2012, 120, 2, 204–209; doi: 10.1289/ehp.1104020). Результаты налицо: среднее содержание кадмия в моче американцев снизилось с 0,36 мкг/г в 1988 году до 0,26 мкг/г в 2008-м. Поскольку даже у заядлых курильщиков (а по американским меркам это 20 и более пачек в год) оно упало с 0,71 до 0,49, а у некурильщиков — с 0,26 до 0,19, следует предполагать, что запреты на курение в общественных местах существенно уменьшили эффекты от пассивного потребления табачного дыма. С учетом приведенных выше данных о вредности микродоз кадмия, такие запреты кажутся самым легкоосуществимым и весьма значимым вкладом в общественное здоровье. Стоило бы также ужесточить требования к выбросам заводов цветной металлургии, котельных и автомобилей, а заодно сделать так, чтобы из-под колес, «обутых» в резину, летело меньше вредной пыли.



Что-то там в поту

Средними органическими соединениями организм борется, разрушая их с помощью ферментов до безвредных составляющих или выводя через почки или кишечник. Однако есть и другая выделительная система, от почек не зависящая, — потовые железы. Они начинают активно работать при нагреве организма за счет внешнего источника тепла либо при интенсивных нагрузках, причем производительность может достигать двух литров пота в час. Жидкость к ним приносит кровь, ток которой в поверхностных тканях при таких обстоятельствах возрастает с 3–5 до 60–70% от общего кровотока. Все, что содержится в плазме крови, по идее, должно оказаться и в поту. Не случайно пробы пота берут при подозрении на применение запрещенных препаратов. Интенсивное потение избавляет организм и от вредных органических веществ. Так, сауноterapia очень помогла спасателям, которые работали в рухнувших 11 сентября 2001 года башнях-близнецах, — они изрядно надышались там вредными веществами, как от горения всевозможных пластиков, так и от средств тушения пожара.

Пот — это не просто плазма, отделенная от кровяных телец; потовые железы активно регулируют его состав. Например, частично фильтруют ионы натрия и хлора, чтобы не обессолить организм. Если же пот выделяется обильно и долго, то спустя несколько часов в игру вступают почки, дополнительно уменьшающие выделение солей в мочу. А вот калия, мочевины, аммония и молочной кислоты в поту больше, чем в плазме, — организм от них избавляется. И еще там есть ионы вредных элементов, таких, как мышьяк, свинец, ртуть и кадмий. О них-то и пойдет речь в этой заметке.

Как ни странно, столь важный путь выведения вредных веществ из организма привлекает мало внимания ученых — большинство исследований по этой теме выполнены двадцать и более лет назад. А результаты были получены интересные. Так, содержание кадмия в поту — от 0,36 до 35,8 мкг/л. Получается, что с потом из организма может выходить больше кадмия, чем те один-два микрограмма в сутки, которые удаляются с мочой. А значит, регулярное потение, например, в бане, весьма эффективно помогает бороться с этим вредным элементом.

С мышьяком история другая: с потом его выходит существенно меньше, чем с мочой. Однако концентрация в поту, а ее максимум равен 22 мкг/л, в 1,5–3 раза (соответственно у





ЗДОРОВЬЕ

мужчин и женщин), больше, чем содержание этого элемента в плазме крови.

Свинец покидает организм через потовые железы в количестве 280 мкг/л у людей, которые со свинцом дела не имеют, причем половина этого количества уходит в виде высокомолекулярных соединений. У рабочих же свинцовых производств в литре пота обнаруживают в сотни раз больше, до 17 мг (хотя неочевидно, что к поту не примешивались загрязнения, смытые с кожи). Отношение свинца в крови со свинцом в поту сложные — отнюдь не сразу повышение концентрации первого ведет к росту второго, процесс занимает несколько дней.

Содержание ртути в поту также меняется в широких пределах, причем отношение концентрации этого элемента в поту и моче может быть в разные дни у одного и того же человека и 0,1 и 5. Измерения показывают, что обычно в литре пота присутствует 1,5 мкг ртути. Тот факт, что содержание ртути в моче не соответствует ее концентрации в крови, подтолкнул медиков к мысли, что при ртутном отравлении наряду с хелатирующими веществами, которые связывают ртуть, полезно назначить и сауну. Вообще-то такая идея насчитывает не одну сотню лет: как указывает К.У.Браун («Americas», 2001, 57, 4, 467—496), работников испанских рудников в колониальном Перу при появлении симптомов ртутного отравления (дрожь, слюнотечение, язвы во рту) переводили в горячий цех, чтобы вредные вещества ушли с «телесными испарениями». А еще им давали пить слабое пиво в большом количестве — спирт замедляет окисление атомарной ртути ферментом каталазой и облегчает удаление вредного элемента с дыханием. Говорят, что через несколько недель болезнь отпустила горняков.

Вывод очевиден: регулярное потение в бане — не просто удовольствие, а важный способ поддержания оптимального химического состава организма в наше непростое время. А с учетом того, что тот же кадмий вызывает симптомы старости, — еще и средство омоложения.

Подготовлено по материалам обзора: Margaret E. Sears, Kathleen J. Kerr, Riina I. Bray. Arsenic, Cadmium, Lead, and Mercury in Sweat: A Systematic Review, «Journal of Environmental and Public Health», 2012, 2012: 184745; doi: 10.1155/2012/184745.

С.Анофелес



Московский Дом Книги
СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Конрад Лоренц

Агрессия : (так называемое зло)
Человек находит друга
Римис, 2013



В сборнике — две работы лауреата Нобелевской премии Конрада Лоренца, одного из создателей этологии, науки о поведении животных. В книге «Агрессия» автор рассказывает, как это «злое» качество появляется в ходе эволюции и чем оно полезно, как регулируются у животных агрессивные реакции против сородичей и почему агрессия становится проблемой для «царя природы». «Человек находит друга» — книга, адресованная широкому кругу читателей, о том, как человеку лучше понять собаку или кошку (сам Лоренц был страстным любителем собак).

Андрей Ильин

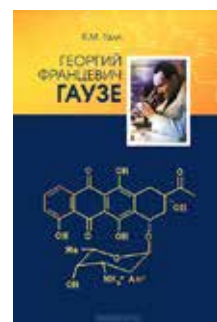
Книга, которая спасет вам жизнь
Эксмо, 2013



В книге вы найдете основы знаний по выживанию в экстремальных ситуациях. Автор не придерживается академического стиля, излагает материал доступно и увлекательно, поскольку сам был руководителем множества экспедиций и участником научных экспериментов по выживанию человека.

Яков Галл

Георгий Францевич Гаузе (1910-1986)
Нестор-История, 2013



Это первая научная биография выдающегося ученого XX века — Георгия Францевича Гаузе. Он занимался фундаментальными исследованиями в экологии, теории эволюции, стереоизомерии клетки. Он сформулировал закон Гаузе, или принцип конкурентного исключения (каждый вид имеет свою экологическую нишу), который лег в основу теоретического фундамента современной экологии.

Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.

Адрес: Москва, Новый Арбат, 8, тел. (495) 789-35-91

Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru



Школа плюс ЕГЭ – МОЗГ минус физика

Л.Хатуль

Кроме плеч гигантов

Все коммуникации — дискуссии за чашечкой кофе, разговоры со стаканами в руках, монологи с экрана — можно разделить на два типа. Если участники придерживаются общей позиции по исходным пунктам, несогласия могут возникать на стадии операций с ними. Тогда расхождения можно локализовать, позиции уточнить и сблизить, согласиться либо «договориться не соглашаться», но при этом ясно понимать, в чем расхождения. Существуют, однако, и другие коммуникации, в которых этот исходный базис отсутствует. В жизни, если включать в понятие «жизнь» Интернет, TV и общение с начальством, преобладают коммуникации второго типа. Данная статья является попыткой коммуникации первого типа.

Тема статьи – преподавание в школе физики. Исходных положений два.



применять знания в реальной жизни, в частности должен воспринимать ложь и рекламу как ложь и рекламу, уметь и быть готовым объяснить ближнему, почему астрология и заговоры действуют только на тех, кто в них верит. И хотя бы малая часть социума должна уметь делать что-то помимо ведения переговоров и написания бумажек, и делать это хорошо. Чтобы детям и внукам не пришлось жить в домах, спроектированных троечниками, и лечиться у неграмотных врачей.

На том стоим. Кроме, конечно, плеч гигантов.

Если мы с вами разделяем эти два положения, идем дальше вместе. Если нет — надеюсь, вы переходите к другой статье в данном номере журнала.

Учебники

Школьная физика состоит из теории (учебник), задач (задание) и лабораторных работ (тут прочерк, а почему — объясним дальше). Основные школьные учебники, те, что были с грифом министерства и гарантированным доходом издателю, различались глубиной погружения — темы и разделы были одинаковыми. И потому, что была программа, и потому, что основы физики действительно определены довольно жестко. Околошкольные учебники, которые использовали некоторые учителя, или содержали большее количество бытовых и технических примеров (Ландсберг, Ландау — Китайгородский), или погружали в материал глубже, на них коммерчески грамотные и даже логично значилось «для поступающих в вузы» (Яворский — Пинский, Быков — Бутиков — Кондратьев, Б.Н.Иванов). Переводные учебники были разнообразнее: содержали много бытовых и исторических примеров (Роджерс, Купер, под ред. А.С.Ахматова) или примеров инженерно-технических (Элиот — Уилкоккс), некоторые погружали в материал глубже (Джанколи). Вузовские и университетские учебники, российские и переводные, среди которых были и есть очень хорошие, здесь не рассматриваем. Примечание: распространенные учебники названы здесь так, как их называли в разговоре, менее известные — так, чтобы их было легко найти в Интернете.

Попутно заметим, как менялась, отражая эволюцию системы, формулировка грифа министерства: в советские времена и некоторое время по инерции писали безлично «утверждено», в 93-м растерялись и перешли на скромное «рекомендовано», а в новом веке радостно откатились на полтора года назад — «допущено».

Для дальнейшего важно, что почти во всех учебниках разделы физики подавались как мало связанные, обычно лишь свойства идеальных газов привязывались к механике молекул. Разделы физики падали друг другу в объятия не в учебнике, а лишь в задачнике. Чаще всего термодинамика следовала за применением механики (механическая энергия — тепловая — нагрев), термодинамика за электричеством (ток и сопротивление — мощность — нагрев) и механика за электромагнетизмом (движение зарядов — токи и поля — силы). Взаимосвязь разделов физики не была для учащегося очевидной. Луч света в темном царстве — привязка прочности кристалла к электростатике (Мякишев) — был одинок. В некоторых слу-

1. Цель преподавания естественно-научных дисциплин — возникновение в мозгу учащегося системного, то есть логически связанного взгляда на мир, принятого в современной науке, стабильного во времени и устойчивого под давлением средств массовой информации. Человек должен понимать, если речь о физике, что с отменой теории относительности не станет GPS и можно ли получить КПД 150%, если об астрономии — что вокруг чего вращается и когда возникли звезды, если о химии — растворяется ли серебро в воде и что происходит, когда пищевую соду смешивают с уксусом, если о биологии — перескакивают ли гены из ГМО в геномы тех, кто их ест, и какова была роль обезьян в происхождении биологов.

2. Целью преподавания естественно-научных дисциплин является также возникновение у учащегося умения, навыка и готовности их применения, то есть учащийся должен не просто перерисовывать в свой ответ правильные значки, а уметь

чаях механика и электричество вместе составляли раздел «Колебания» — уравнения одинаковые.

Если вы хотите поразить мыслящего школьника до мозга костей, скажите, что коэффициент преломления (который синус угла падения и т. д.) и диэлектрическая постоянная (которая в Кулоне слева внизу) — почти одно и то же. Этот прием работает надежно и позволяет учителю распознать заинтересованных. А если после этого слушатели выживут, можете — прикрыв дверь поплотнее — поведать им, что масса молекул зависит от температуры (в 12-м знаке), что равновесное излучение — мина под законом Ньютона, что не все химические реакции ускоряются при росте температуры. Но то, что заинтересованного и умного школьника это потрясает, — не лучший результат школьного обучения.

А чтобы научить решать задачи, надо их решать. Во всех учебниках после параграфа есть простенькие вопросы, почти во всех — задачи, и в большинстве в текст встроены примеры решения задач. Лишь в немногих (Роджерс, под ред. А.С.Ахматова) в качестве задач рассматриваются реальные жизненные ситуации, чаще инженерные или научные.

Учебник может не содержать ни вопросов, ни задач, даже если мы полагаем, что они нужны, — можно иметь и две книги. И это не вопрос традиции и доходов издателя: книг должно быть много; вообще, информацию надо искать, излишняя легкость получения информации вредна. Задачник должен быть отдельно от учебника, и лучше — не один, чтобы школьник не вздумал воспринимать задачи как привязанные к определенному параграфу. А то произносишь на физике «NaCl» — аудитория стонет: «Это химия...»

Задачи и задачки

Задачники можно разделить на несколько групп. Первая — простые школьные. Вторая — усиленные (Буховцев со товарищи, Козел со товарищи, Гольдфарб, Воробьев). Третья — олимпиадные сборники. Четвертая — необычные либо с погружением в задачу (Быков — Бутиков — Кондратьев, А.И.Слободянюк «Очень длинные физические задачи»), либо с реальными жизненными задачами (Капица, Уокер, Маковецкий). Пятая группа — многочисленные сборники олимпиадных (по формальному признаку или по духу) задач. Это сборники из серий «Библиотечка физико-математической школы», «Библиотечка «Кванта»», «Приложение к журналу «Квант»» и многие другие. Однако главное деление — не по задачникам, а по задачам, просто в задачниках разных групп концентрация задач разных типов различна.

Базовый тип — точечные одноходовки, в них сразу ясно, про что они и что применять, поскольку выбор скуден. Два типа линейного развития, назовем их «дорожка» и «тропка». Дорожка — когда нужно сделать несколько ходов последовательно в рамках одного раздела. Тропка — когда эти несколько шагов относятся к разным разделам. В обоих случаях после каждого шага ясно, что делать дальше. Два типа нелинейного развития — «сеть» и «дерево». Сеть — когда надо написать несколько уравнений и решить систему. Дерево — когда, сделав шаг, надо выбрать, куда идти дальше, потому что это не очевидно.

Когда система уравнений написана, физика — по крайней мере, на школьном уровне — кончается, дальше идет математика. Но составитель задач должен сделать нечто более сложное, а иногда ему хочется сотворить и оригинальное. Для усложнения можно выбрать в качестве неизвестной величины то, что раньше выбирали редко или вообще не выбирали, или попросить найти какую-то комбинацию величин, или найти решение при каких-то ограничениях. По сути, это те же уравнения, однако необычность формулировки завораживает школьника, и он, как кролик, идет в пасть экзаменатора.

Иногда задачи пытаются сделать увесистее, прямо как торговцы — продукты, добавив... хорошо, если просто воды. На-

пример, если надо определить массу, добавляют в исходные данные объем и спрашивают плотность. Или сколько надо тепла, чтобы нагреть это на сколько-то градусов. А заодно и расплавить! Так можно изголяться до бесконечности. Хотите, я придумаю ОДНУ задачу, в которой будут все формулы школьного курса?

В какой-то мере можно сделать такие задачи «деревоподобными», построив условие так, чтобы воспоминание о какой-то связи величин позволяло получить решение, не решая всей системы. Например, если решающий вспомнит, что тело, брошенное под углом, достигает верхней точки за половину... и т. д. Никакого выбора пути, по сути, тут нет, однако есть выбор пути решения — введение дополнительной связи величин, которая сама есть решение уравнения, но такое, которое школьник помнит как некое свойство.

Дерево — это задачи, где школьнику не очевидно, какие процессы нужно учитывать, по какой ветке идти. Именно этот последний тип задач — наиболее частый в реальной жизни: физик и инженер постоянно делают выбор. И он же наиболее редок в обычных задачниках. По простой причине: для преподавания с использованием таких задач нужна относительно хорошая физическая квалификация. Да и форма.

И есть несколько задачников, в которых ставятся природные и инженерные задачи, причем так, что некоторые из них — дерево: нужно думать, какие явления рассматривать, по какой ветке идти в решении. Это уже упоминавшиеся Капица, Уокер и Маковецкий, а также несколько менее известных, например, С.С.Хилькевич «Физика вокруг нас», А.П.Кузнецов, С.П.Кузнецов, Л.А.Мельников «Физические задачи для научных работников младшего возраста», В.М.Варикаш, Б.А.Кимбар, И.М.Варикаш «Физика в живой природе».

Деление задач на эти пять типов — точки, дорожки, тропинки, сетки и деревья — не строго и не однозначно. Одну и ту же задачу можно сформулировать с разными допущениями — «тело столкнулось с преградой», «упругое тело», «с упругой преградой», «упругое с упругой», «с массивной», «с неподвижной» и так далее. Вообще же построение эффективного классификатора задач по физике, да еще позволяющего синтезировать новые, — задача столь же соблазнительная, сколь и безнадежная.

Олимпиадные задачи — это, как мне кажется, сети, но столь сложные, что лобовое решение школьнику заведомо недоступно и он должен придумать, уловить, использовать то предположение, которое неформально заложено в условии. И чем неожиданнее это предположение, чем в результате компактнее и загадочнее выглядит условие — тем выше мастерство составителя; встречаются истинные шедевры! Однако это не физика и не инжиниринг, практикующий специалист с такими не встречается.

Некоторые полагают, что опрIMITивление школьного курса — сознательное действие власти для оболванивания людей и облегчения управления. Но власть не настолько умна и прозорлива; то, что мы видим, — не умысел, а прогресс, поставленный на службу ленивому неучу. Я готов согласиться, что «человечество спасти уже не удастся», однако согласен с продолжением: «но отдельного человека — еще можно». Тех, кто хочет и способен мыслить, можно спасти, помогая научиться этому прекрасному занятию и предоставляя саму возможность — мыслить. Современный школьный курс физики подавляет эту возможность, особенно в старших классах, когда ощущается ледяное дыхание ЕГЭ.

Второй из главных вопросов

Ситуацию в целом быстро не исправить, тем более что это окажется движением против энтропии, но, по крайней мере, можно улучшить. И совершенно очевидно, каким образом: надо написать новые учебники и новые задачники или пере-



издать лучшие из старых. Издать их как учебники и задачки, «допущенные» для школ, вряд ли удастся, но если они будут хорошими — те, кому надо, найдут. Кроме того, такое написание поможет преподавать нам самим. Задачки Капицы и Уокера не вполне школьные, но возможно написание капицеподобного задачника школьного или ненамного более высокого уровня. Во всяком случае, по ним можно будет учить те сто тысяч школьников, которые пытаются сдавать ЕГЭ по физике, — зачем-то же они это делают? Если хоть каждый десятый делает это осознанно и хочет знать, почему спиральные рукава у Галактики — что, десять тысяч детей, которые хотят стать умнее, — недостаточно важная цель?!

Чтобы показать взаимодействие разделов, придется увеличить объем материала, но бояться этого не надо. Надо исключить или сделать необязательным то, что школьники все равно не применяют ни в решении задач, ни в жизни. И неважно, что одни взаимодействия «слабые», а другие «сильные» — для них это как «лед» и «снег» для рядового папуаса. Надо отказаться от двух проходов курса — сначала на более простом. Доводы вроде «неготовности к усвоению более абстрактного и недостаточности математического аппарата» означают, что не надо размазывать физику на пять лет. Ее надо изучать в том же или большем объеме, но два года. А ее время в младших классах отдать математике, дабы физикам не приходилось объяснять, что такое вектор и какие меж векторов случаются временами произведения. И не надо стараться ужать и облегчить — тогда при изучении физики по такому учебнику школьнику обязательно будет помнить все. Это уменьшит психологическую нагрузку на участников образовательного процесса и при формально большем объеме сделает учебу, как ни странно, легче.

С задачами дело проще — хорошие задачки есть, надо облегчить доступ к ним, свести все это в систему, написать к задачам хорошие комментарии. Можно проводить в Сети конкурсы по решению задач, учредить премии, ради которых не будут жулить, многое можно сделать. Попутно — вот несколько новых типов задач, полезных для отбора студентов на научные, инженерные и IT-шные специальности, требующие работоспособности, умения быстро схватывать и ориентироваться в новой ситуации, умения учиться и критически оценивать свои и чужие результаты:

«Ориентация» — одна-две страницы из учебника или научно-популярной книги, надо разобраться и изложить, что и как понял.

«Усвоение» — кусок новой для испытуемого теории объемом в один-два параграфа вузовского или даже школьного «углубленного» учебника, разбитый десятком задач, проверяющих усвоение каждого абзаца.

«Модель» — описано явление, надо предложить варианты модели, контрольные эксперименты или расчеты.

«Критик» — кусок текста из научно-популярной книги или статьи из современного научно-популярного журнала, надо найти ошибки или некорректности (на лингвистических олимпиадах такие задачи уже бывали).

«Решено ли» — задача с решением, требуется определить, решена ли, указать ошибки, объяснить, почему сделаны, что с чем перепутал автор решения, чего он не знал.

«Конструктор» — придумать устройство, осуществляющее некую функцию.

Кроме учебников и задачников, в школе еще есть лабораторные работы. Казалось бы, вот где учить применению физики в реальной жизни — но они сейчас есть не везде, а те, что есть, по большей части убоги. Понимаю, что детки нынче раскованные, вдруг он ей за шиворот это самое выльет... это вам не дохлую мышь в портфель соседке по парте в виде ухаживания, как в моей сопливой юности. Но результат «физики мела и доски» ужасен: школьники откровенно удивляются, когда узнают, что на уроке по физике можно посчитать время закипания того чайника, что у них дома. Компьютерные имитации, при всей их

в некоторых случаях (особенно в бедной стране) неизбежной полезности, — не решение. Вы хотите, чтобы вам вырезал аппендикс хирург, обученный только на компьютерной модели? Кстати, что означал там, выше, прочерк? А то, что пособия к лабораторным работам в школах, в отличие от вузов, не применяются — и очень зря. Хорошее пособие к лабам не менее полезно, нежели хороший учебник; правда, написать его, пожалуй, и сложнее.

«Рабочие тетради» приносят вред — мы отучаем и работать, и мыслить, и, кстати, аккуратно и со вкусом располагать материал. Сводим мир к галочкам в клеточках, попутно, между прочим, подавляя уважение к книге. Если в этой самой тетради можно писать, так и в книге можно, и слюнить пальцы, и страницы загигать, а там и жвачку под столы и сиденья и так далее.

Теперь о страшном — о ЕГЭ

Идеология ЕГЭ хорошо легла на общую тенденцию падения профессионализма и распространения формальных методов, создающих иллюзию объективности и не требующих от исполнителей квалификации. Иногда говорят, что ее слязмили с американской, но та много сложнее, эффективнее и дороже. Даже без учета распила и отката России ее не позаимствовать.

ЕГЭ позволил «освоить» много средств еще в процессе создания и еще в большем количестве позволяет делать это и дальше. Он обеспечивает массу граждан малоквалифицированным трудом — то есть сам создает для себя счастливый персонал, сам себя кормит в государственном масштабе. Он позволяет — если надо — на заключительных этапах работы системы фальсифицировать данные. Причем эта система более закрытая, чем выборы — там некоторые социологи осмеливаются проводить экзитполы, да и другие накладки возникают... С ЕГЭ же вообще никакого контроля, и спорить никто не будет, если не занижать, кому не надо, как в советские времена, а завышать, кому надо. И не надо было некоторым регионам массово жульничать, надо было просто наверху договориться, опыт есть. Да и частные лица могли не выдавать места победителей на олимпиадах тем, кто и участия-то не принимал. Проще надо действовать, господа.

Часто спрашивают: много там ошибок? Чтобы пальцем ткнуть и сказать: «Это ошибка» — такого в ЕГЭ по физике сейчас нет. Иногда можно сказать: условие этой задачи школьник может понять не так, как имел в виду составитель. Но таких случаев немного, не более двух задач на вариант при самом придирчивом подходе. Причем учтите, что физические задачи сформулировать математически однозначно вообще нельзя — такова уж природа физики. Главная проблема в другом.

Экзамен должен проверять знания и умения, а умение решить задачу — это получить правильный ответ; казалось бы, ситуация проста: решил — не решил. Но хоть на практике бывает и не важно, почему ты нажал на красную кнопку вместо зеленой, в обучении это не так. Если экзамен не финал, а часть процесса, то существенно, почему именно не решена задача — случайность это или закономерность, а если закономерность, то какая — незнание чего-то конкретного или неумение логически мыслить и так далее.

Создатели ЕГЭ, может быть, от смущения, может быть, для защиты от сдувания, попробовали сделать нечто более интеллектуальное — формализованную систему проверки, которая имитирует хорошего живого экзаменатора. Используя живых же людей, но лишь в качестве коробочки для распознавания образов — с тремя светодиодами на передней панели. То есть для расшифровки написанного так, что курица со своей легендарной лапой устыдится, да с такими ошибками, что можно физику засчитывать за неуд по другому предмету.

Благое намерение? Может быть; но в данном случае — с негодными средствами. Потому что случайная ошибка может привести к тому, что скорость автомобиля получится не 40 км/ч, а 60 км/ч. Или 6000 км/ч. Это разные ситуации, а с точки зрения ЕГЭ — одно и то же: одна арифметическая ошибка. В результате за ответы «сопротивление = - 4 Ома», «частота кванта света = 10^{-19} Гц», «частота кванта света = 10^{36} Гц», «частота = 6 мм» и «количество вещества 10^{-45} моль» оценка снижалась на один балл — ну да, это ж одна арифметическая ошибка. А что сказать о прелестном ответе «частота = $(10^{18} + 2,5) \cdot 10^{15}$ Гц»? По правилам не требуется, чтобы расчеты были доведены до конца, что само по себе странно. Тогда докуда? И разве такой ответ — это не конец сам по себе?

Если ученик решил задачу, формально отличающуюся условием, но по физической сути и сложности такую же — он получает за нее ноль баллов. Например, столкновение двух тел, надо найти массу одного из них, а нашел массу другого. Вердикт — ноль, хотя все дело может быть в невнимательности. В этом безумии есть система — в разных вариантах очень похожие задачи, поэтому правило исходит из подозрения, что сделавший подобную ошибку списал не оттуда. Это еще можно понять, но почему надо наказывать человека, если он не выписал все необходимые для решения законы? Даже если проверяющему видно, что решавший понимал, что пишет? А если предполагать, что он просто аккуратно списал у понимающего, то ведь и законы можно аккуратно списать. (Если же решения для него готовили специальные люди, так они уж точно все аккуратно расписут.)

При наличном состоянии морали в стране и при такой системе проведения экзамена обеспечить его честность невозможно. Это было понятно давно, и вузы ежегодно видят результат. Ситуация с олимпиадами почти аналогичная — люди-то по большей части те же. Как это разлагает саму систему преподавания — понятно любому человеку, не только действительно преподающему, но и руководящему образованием. Может быть, у них другие заботы?

Заметим, что ГИА отличается от ЕГЭ в лучшую сторону. В нем есть живой эксперимент; кстати, почему бы его не иметь и в ЕГЭ? Дорого? А сколько, простите за демагогический довод, уже выкинули в эту помойку? Далее, в ГИА есть задачи на восприятие информации в разной форме. Местами они даже у школьников вызывают смех, но... но в принципе-то они нужны. Далее, есть задачи на понимание текста — полезная штука, мы давно об этом писали. Почему этого нет в ЕГЭ?

Уровень мышления промоутеров ЕГЭ очевиден. Вот лишь один пример: «Грубо говоря, в любом тесте должен быть правильный ответ, ответ-ловушка и два ответа «для дурачков» — тех, кто совсем не учил материал. Все это помогает избежать угадывания ответов, в котором часто обвиняли ЕГЭ в первые годы его существования. Но чтобы получить такой тест, сначала необходима его апробация на реальных школьниках, причем не в элитной московской школе, а в самой обычной, средней».

В трех фразах — две глупости и модная безграмотность. Такая структура тестов как раз и помогает угадывать, а для изготовления такого теста не нужна апробация — его сможет сделать любой квалифицированный педагог, если вы сумеете уговорить его заняться этой «реальной» глупостью. Вот еще пример, рассказ о том, что должен знать специалист по составлению тестов.

«Здесь требуется хорошее знание психологии, математики (в части матстатистики), работы с базами данных и, конечно, компьютера». Работа с базами данных и компьютер — это требования не к «специалисту по», а к девочке на ресепшене. Элементы матстатистики называть «хорошим знанием математики», хоть бы и «в части»? — это не смешно, а как-то стыдно. И что, «хорошее знание психологии» заменит математику, физику, химию, биологию и что там еще в школе есть? Детская мечта тестологов — придумать универсальную линейку для измерения всех остальных?

Об истории с массовой утечкой вариантов не будем — уже всем все ясно. Забавно только читать статьи, где в соседних абзацах рассказывается, как героически выявляли и мочили в Сети тех, кто обсуждал ЕГЭ, и тут же — что вообще-то ничего почти и не было, так, отдельные случаи.

Есть в ЕГЭ одна так называемая качественная задача, несокрушимая и легендарная С1. Боятся ее школьники до колик — и неспроста! В некоторых (что делает неравными условия для разных регионов и участников) вариантах для ее решения надо было — о ужас! — делать выбор. А школьников от таких рассуждений отучают. Более того, наличие выбора делает иногда решение неоднозначным.

Вот пример. На пружине висит груз. По пружине пропускают ток. Груз опустится или поднимется? Добрый дядя-составитель любил Био, Савара и Лапласа, а Джоуля, Ленца и коэффициент термического расширения не любил. Школьники, не разделившие его любовь (а таких было больше трети), теряли шесть баллов по столбальной шкале. А не люби кого не надо!

В инструкции и к ГИА, и к ЕГЭ есть фраза: «С целью экономии времени пропускайте задание, которое не удалось выполнить сразу, и переходите к следующему». То есть решать не надо, думать не надо, либо натаскали на это и выполните сразу, либо не натаскали, тогда переходите. Такая инструкция и вообще такая установка плохи сами по себе: человек должен уметь работать с группой заданий, должен уметь распределять силы и время, а не ждать менеджера, который покажет, откуда и до обеда рыть канаву.

Вместо заключения

К ЕГЭ — и к методике, и к конкретной реализации — можно адресовать и другие замечания. Причем у преподавателей разных предметов, как показали беседы с коллегами, замечания частично перекроются, но каждый будет готов бросить и свой отдельный камень. Тем не менее мы видим бурный рост этого организма при игнорировании сопротивления профессионального сообщества. Похоже, это следствие того, что он в некотором смысле «пришелся ко двору» тем, кто стоит над этим сообществом. Тем, кто берется учить учителей.

Не следствие ли это многодесятилетней школьной лжи, системы «три пишем, два в уме»? Ведь если бы мы всегда ставили заслуженные двойки и колы, то какие мостовые мели бы сейчас те, кто нынче берется учить учителей и вообще развлекаться реформами?

Возможно, яма, в которую мы сползаем, — не чисто российская. Тенденция к уменьшению роли профессионализма и серьезного образования — похоже, общемировая. И понятно почему — люди работают, жизнь в целом и в среднем становится лучше. Помните, К.Маркс говорил нам, что главное достояние человечества — свободное время? Ну вот, а девать его куда-то надо? Наша дополнительная беда в том, что в силу изолированности советского общества от мира в СССР/РФ все эти печальные процессы оказались отложены. Но когда общемировая тенденция взяла верх (а рано или поздно это все равно случилось бы) и плотина рухнула, долину затопило.

Выплывем ли? Наверное, да — бескрайние просторы с этим климатом никому не нужны. Только в каком виде?



Укротитель стальной акулы



КНИГИ

Моряк рассказывал истории, от которых у молодой женщины волосы вставали дыбом.

— И вот я увидел торпеду, которая шла точно на наш корабль,— нагонял страху рассказчик.

— О господи! — выдохнула женщина. — Надеюсь, это была наша торпеда?!

Из морских рассказов

«Пускать блинчики» — заставлять плоский камень прыгать по воде — известная забава отдыхающих на море. Главное в этом деле — пустить камень под малым углом к поверхности воды. Тогда он рикошетом станет отпрыгивать от нее до тех пор, пока не истратит исходную энергию броска или не изменит угол полета. Так получается только с плоским камнем, а камень угловатый сразу падает на дно. Эта особенность полета пригодилась в годы Великой Отечественной войны для решения проблемы противолодочной авиации. Торпеды рикошетом отскакивали от поверхности (ведь они тоже падали под малым углом из-за большой скорости самолета!), теря-

ли скорость, изменяли направление движения и начинали вести себя совершенно непредсказуемо.

Для поражения цели торпеда должна падать вниз и входить в воду под определенным углом. Тогда она делает лишь небольшой «прыжок» в воде, «мешок», как его называют торпедисты, после чего быстро выравнивается и идет дальше на заданной глубине.

Как же придать такую траекторию авиационной торпедой?

Задачу решил Георгий Владимирович Логвинович, в будущем наш известный ученый-гидродинамик, предложивший сбрасывать торпеду в деревянном ящике. В момент касания воды его передняя стенка цепляет огромный воздушный пузырь, который «размазывается» по корпусу торпеды. Ее нос не встречает сопротивления и проваливается под воду. Подводный снаряд ныряет и встает на боевой курс. От сильного удара о поверхность моря доски разбивались и в дальнейшем не мешали стальной акуле свободно двигаться под водой.

Оставалось решить только один вопрос. Где взять деревянный ящик для каждой торпеды?

Логвинович нашел весьма остроумный и неожиданный выход: порекомендовал использовать то, чем торпеда обладала изначально, — упаковку, в которой она транспортировалась с завода. «Одежда» боевого снаряда представляла собой две деревянные стенки, по торцам скрепленные продольными планками.

Это было именно то, что нужно для ответа на запрос морской авиации.

По материалам книги Алексея Николаевича Иванова «Не может быть», издательство «Библос», 2013. Пододной обложкой собраны сотни решений, которые противоречат интуиции, но подчиняются законам физики.



Новый адрес редакции

«Химии и жизни» —

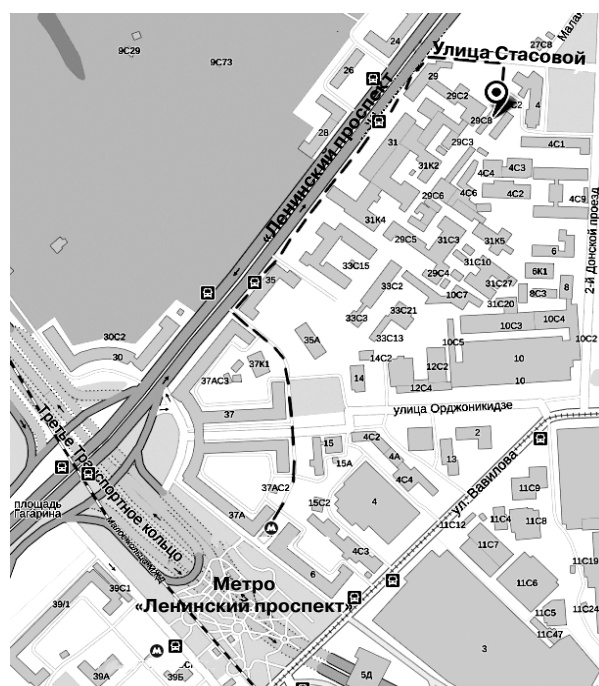
119991, Москва, Ленинский проспект, д. 29 стр. 8

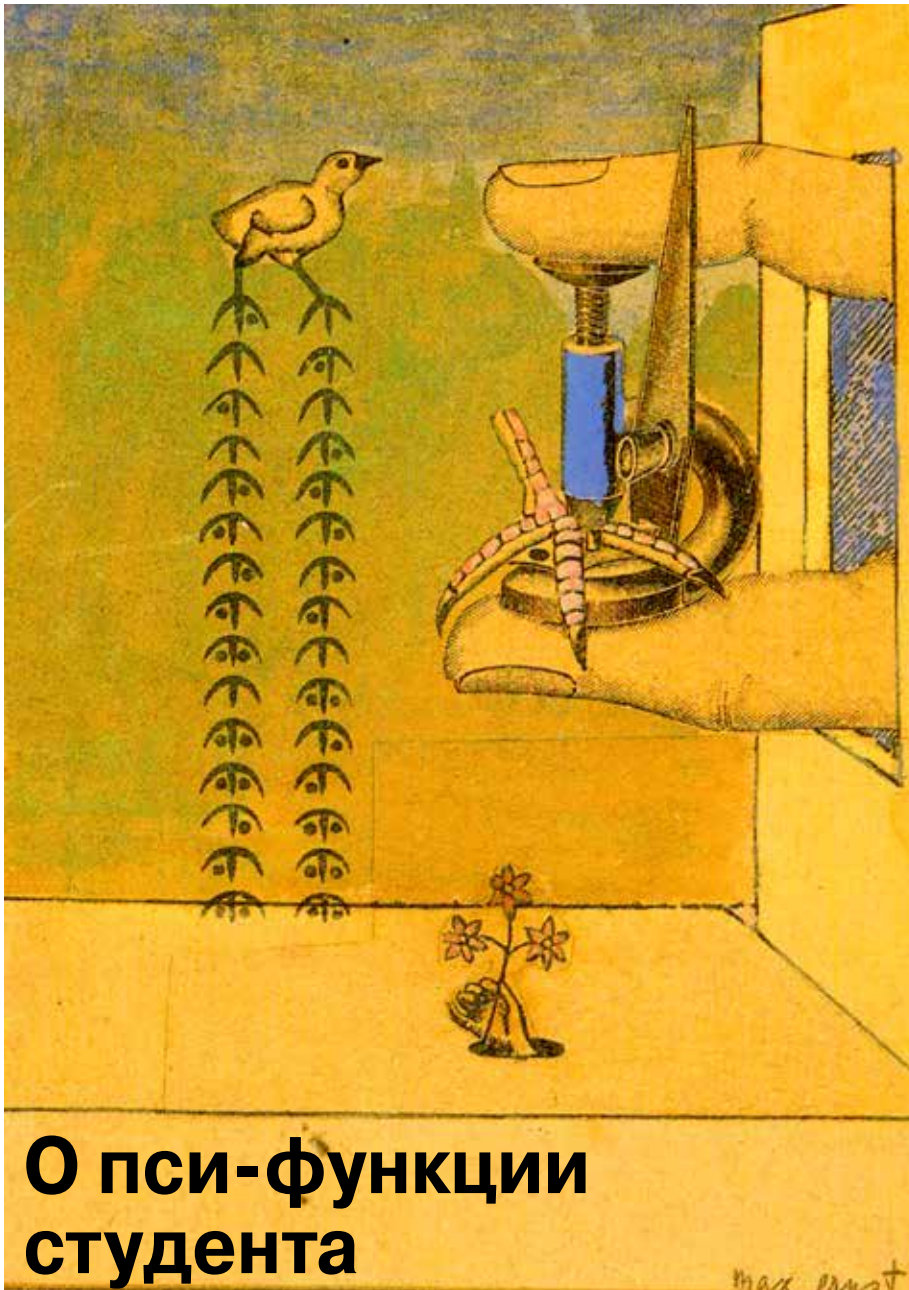
Тел. 8 (495) 722-09-46

(рядом с Институтом нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева).



Внимание!





О пси-функции студента и принципе неопределенности знаний

Введение

Что общего между поведением электронов в атомах и студентов в университетах? На первый взгляд ничего, но это только на первый взгляд. Если приглядеться, сходство нетрудно заметить. Например, и для электронов, и для студентов характерна дискретная природа переходов из одного состояния в другое. В атомах электроны скачком переходят с одного энергетического уровня на другой, в университетах студенты также

скачком переходят с курса на курс.

Во многом аналогичны и сами квантовые процессы, происходящие с участием электронов и студентов: первые могут поглощать и терять кванты энергии, вторые — кванты информации, то есть биты. Оба процесса носят вероятностный характер: нельзя с точностью в сто процентов предсказать, что электрон перейдет с одного энергетического уровня на другой, а студент накопит необходимый объем знаний по изучаемому предмету к

экзамену. Отсюда следует вывод: знания студентов так же неопределенны, как координаты или импульс электронов.

Студент и принцип подобия

Таким образом, у студентов в университетах и электронах в атомах имеются три важные общие черты: наличие элементарных квантов действия, уровневая природа переходов из одного состояния в другое и вероятностный характер процессов. В физике такое сходство называется подобием. Удивительно, что раньше никто не обращал внимания на это подобие, а ведь в нем заложены уникальные возможности для переноса выводов квантовой механики на университетское обучение.

Следуя принципу подобия, введем аналог пси-функции электрона в атоме — пси-функцию студента в университете $\Psi_p(\mathbf{r}, t)$, которая в соответствии с принятой в квантовой механике трактовкой определяет вероятность приобретения студентом объема знаний p к заданному курсу \mathbf{r} и сроку обучения t .

Фундаментальные свойства пси-функции студента нетрудно определить на основе общеизвестных эмпирических фактов. Так, объем знаний студента не меняется, когда студент повторно проходит тот же курс. С математической точки зрения это эквивалентно движению студента по времени вспять. Отсюда следует, что пси-функция студента четная по времени, то есть $\Psi_p(\mathbf{r}, t) = \Psi_p(\mathbf{r}, -t)$.

Далее известно, что знания одного студента никак не влияют на знания другого, то есть в системе двух студентов нет никаких ограничений на взаимное соотношение их знаний. Это означает, что пси-функция двух и более студентов симметрична в пространстве знаний, а сама система многих студентов подчиняется статистике Бозе—Эйнштейна: в одном квантовом состоянии может находиться любое число тождественных частиц. Ясно, что основная масса студентов окажется в состоянии минимума знаний, так как это состояние отвечает минимуму энергии, затраченной на обучение. В свете сказанного новый смысл приобретает выражение «почить в Бозе»: коллектив из большого числа студентов, предоставленных самим себе, будет всегда находиться на нулевом уровне знаний.

Принцип неопределенности знаний

Важным следствием волновой природы пси-функции оказывается принцип неопределенности Гейзенберга: $\Delta E \Delta t \geq \hbar$, где ΔE — неопределенность энергии электрона, Δt — неопределенность измерения момента времени, \hbar — постоянная Планка. С помощью метода подобия легко получить принцип неопределенности

знаний студента. Для этого достаточно заменить энергию электрона на его аналог — объем знаний студента. В результате получим: $\Delta p \Delta t \geq \Phi$, где Δp — неопределенность объема знаний студента, Δt — неопределенность его времени обучения, Φ — универсальная постоянная размерностью мигабит в год, которую с полным правом можно назвать «битюг» — таким производным от слова «бит», которое семантически точно отражает существо рассматриваемого вопроса. Длительный эксперимент, проведенный автором и его коллегами, позволил с приемлемой для педагогической науки точностью определить значение универсальной постоянной Φ . Она оказалась равной числу 137. Это удивительный и принципиальный результат! Ведь число 137 отлично известно физикам, оно обратно постоянной тонкой структуры $\alpha = e^2/hc$, где h — постоянная Планка, c — скорость света и e — заряд электрона, одной из важнейших масштабных констант квантовой теории. Данное совпадение лишней раз подтверждает справедливость используемого подхода и отражает глубокую гносеологическую связь процесса обучения в вузе и квантовой теории атома.

Из принципа неопределенности знаний студентов следуют два очень важных вывода:

1. С увеличением неопределенности срока обучения студентов неопределенность объема их знаний уменьшается.

2. Фиксированный срок обучения делает неопределенность знаний чрезмерно большой.

Оба вывода имеют исключительно большое значение для практической деятельности вузов. В частности, они указывают на целесообразность продления реального срока обучения студентов хотя бы на год. Простой расчет показывает, что при неопределенности срока обучения всего в один год неопределенность объема знаний составит 20% от требуемого стандарта. Это вполне приемлемый результат, если учесть, что обычно неопределенность знаний выпускников составляет 50, 80 и даже 100%. Таким образом, вводя обязательную неопределенность срока обучения, можно свести к минимуму неопределенность знаний российских студентов и превратить их *alma mater* в новые Принстоны, Гарварды и Кембриджи.

Семестровая потенциальная яма

Рассмотрим теперь задачу о собственных значениях объема знаний студента, находящегося в потенциальной семестровой яме. Для этого воспользуемся известной формулой для энергии электрона в атоме: $E_n = h^2 \cdot n^2 / 2m r^2$, где E_n — энергия электрона, n — квантовое

число, m — масса электрона, r — радиус его орбиты. Производя замену аналогов в выражении E_n , получим: $P_n = \Phi^2 \cdot n^2 / 2g L^2$, где P_n — объем знаний студента на дискретном уровне n , g — размерный коэффициент, равный одному гигабайту, L — длительность семестра в годах.

Вот оно, торжество метода подобия! С помощью тривиальной математической операции по замене аналогичных величин получено нетривиальное математическое соотношение для объемов знаний студента в университете, в корне меняющее наши представления о природе знаний студента и организации учебного процесса. Уже поверхностный взгляд на выражение для P_n выявляет две принципиальные новации по теории университетского обучения.

Во-первых, объемы знаний студентов принимают строго определенные дискретные значения, характеризующие целочисленным квантовым числом n , причем зависимость между P_n и n квадратичная.

Во-вторых, объемы знаний студентов обратно пропорциональны квадрату длительности семестра.

Что означает упомянутые квадратичные зависимости? Можно дать простую физическую интерпретацию: взаимодействие нейронов в мозгу у студентов (и не только у них) подчиняется закону дальнего действия, то есть все активные нейроны, пусть и не напрямую, взаимодействуют друг с другом. Именно для систем с дальним взаимодействием характерны квадратичные зависимости основных характеристик от числа элементов, входящих в систему. Примером такой системы может служить совокупность большого числа одинаковых гравитирующих тел, энергия взаимодействия которых пропорциональна квадрату их числа. Между нейронами и такими телами, правда, есть существенное различие: вторые сразу взаимодействуют друг с другом, число же взаимодействующих нейронов непостоянно: одна часть из них активна, другая пассивна. Причем количество активных нейронов возрастает по мере активизации мыслительной деятельности. С этим связана одна особенность российского высшего образования.

Как показывает практика экзаменационных сессий, стандартный объем знаний российского студента-троечника составляет несколько десятков килобайт (два-три десятка страниц текста). Требуемый же минимум семестровых знаний измеряется мегабайтами, что в сто раз больше. Из формулы для P_n следует, что у троичников количество активированных нейронов почти в десять раз меньше, чем у студентов, уверенно освоивших материал семестра. Напрашивается очевидный вывод: нейронная система большинства российских студентов, скорее всего, занята задачами, не связанными с обработкой гранита науки.



УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

Новое представление о том, что объемы знаний студентов обратно пропорциональны квадрату длительности семестра, — по-видимому, наиболее неожиданное и спорное. Жизненный опыт вроде бы говорит в пользу того, что все обстоит наоборот: чем дольше срок обучения, тем больше знания. Но обыденный опыт — это не точная наука. А точная наука в лице квантовой теории и психофизики на стороне обратной зависимости P_n и L . Психофизическое объяснение этой зависимости лежит на поверхности: интенсификация умственной деятельности студентов за счет сокращения длительности семестра приведет к резкому возрастанию количества нейронов в их мозгу, занятых обработкой образовательной информации. Тривиальная забывчивость также внесет свою лепту в возрастание P_n : чем короче семестр, тем меньше студент успеет забыть из пройденного материала.

Заключение

Как принято говорить в российском бизнесе, а теперь и в высшей школе, пришла пора подбивать бабки. Бабками в нашем случае будут рекомендации по совершенствованию университетского образования в России. Расположим эти рекомендации в порядке первоочередности.

1. Отказ от фиксированного срока обучения в университетах: длительность обучения нужно определять не календарем, а реальными знаниями. Поступая в университет, абитуриент должен знать, что учиться ему придется до тех пор, пока неопределенность его знаний не будет сведена до приемлемого минимума.

2. Интенсификация умственной деятельности российских студентов за счет сокращения длительности семестра. Высвободившееся при этом учебное время можно будет использовать на углубленное изучение приоритетных на сегодня дисциплин: теологии и военной подготовки.

3. Введение многоуровневой системы оценки знаний студента в российских университетах, основанной на представлении о квантовании знаний.

Михаил Никитин



Живущая в веках

М. Демина

Дзынь! Разбилось зеркальце, фарфоровая чашка или стеклянный цветной бокал? Как вам повезло! Теперь есть из чего сотворить маленькое чудо — мозаику, картинку, «нарисованную» плотно пригнанными друг к другу кусочками стекла, керамики или камня. Веселое и смешное панно под настроение летнего солнечного дня, или строгую декоративную настенную тарелку, или крайне полезную вещь в доме — стенку-фартук с защитой от водяных брызг. А если в сарае пылятся оставшиеся от прошлогоднего ремонта обрезки керамической плитки, можно выложить в палисаднике дорожку с узором, удобный порожек при входе или сделать оригинальную табличку с номером дома.

В первой половине XX века жил во Франции на окраине города Шартра некий Раймонд Эдуард Исидор. У него было необычное увлечение — Исидор собирал на свалках разбитую посуду, бутылки, стаканы, глиняные черепки. Всю свою жизнь он делал из них мозаичные картины и покрыл ими не только стены собственного дома снаружи и внутри, не только дорожки, беседки, цветочные вазы и ограждения в саду, но и всю мебель, и предметы домашнего обихода: швейную машинку, кофемолку, плиту. Исидор наклеивал осколки на поверхности и заливал подкрашенным строительным раствором

*И на рисунке сверху напольная мозаика, изображающая рыб
(Национальный археологический музей Неаполя)*

ДРУГИЕ ВЕЩИ

из цемента, известняка и песка. В дело шло все: крупные и мелкие осколки тарелок, ручки чашек, носики чайников, половинки стаканов и донышки бутылок. Соседи презрительно называли его «picassiette», что дословно значит «собирающий тарелки» — самый никчемный попрошайка. Все вечера и выходные дни он вместо того, чтобы, как все добропорядочные граждане, обсуждать за стаканом вина городские новости, рылся в кучах городского мусора. А после занимался сущей ерундой — складывал из мусора картинки. Вряд ли кто-то мог представить себе, что его дом совсем скоро станет мировой достопримечательностью. В наши дни музей мозаики «La Maison Picassiette» в Шартре посещают более 30 тысяч туристов в год. Здесь 15 тонн битой посуды обрели новую жизнь. На мозаиках Исидора изображены сельские виды с животными и птицами, храмы и соборы, символические женские фигуры. Все они выглядят и красиво, и странно: яркие, иногда наивные и примитивные или загадочные и непонятные, ни на что не похожие. А в искусстве мозаики появился новый стиль picassiette. Теперь так называют мозаику, собранную из всякой всячины. Вот куда, наверное, мечтают попасть все отслужившие свой срок вещи.

Каменные картины

Человек всегда стремился украсить свое жилище, предметы обихода, облагородить быт. Во второй половине IV тысячелетия до н. э. фасады дворцов и храмов в Месопотамии покрывали геометрическим или растительным орнаментом: прямо в кирпич-сырец вбивали конусообразные обожженные глиняные клинья с широкими круглыми шляпками, раскра-



*Мозаичный образ Николая Чудотворца
(церковь Святого Николая в Пыжах, Москва)*

шенные ангобами — той же глиной красного, черного или белого цвета. Это была, по-видимому, первая в истории человечества мозаика в городской среде обитания. До нашего времени частично сохранился мозаичный декор стен и колонн древнего храма в шумерском городе Ур, датированный 2600 годом до н. э.

В Древней Греции морской галькой мостили полы внутренних дворов и дорожки в садах. Отшлифованные природой камни просто красиво раскладывали, подгоняя края, и заливали скрепляющим раствором. Из мелких камешков и кусочков мрамора разных оттенков собирали настенные мозаичные картины со стилизованными животными, птицами, мифическими существами. Конечно, о красочности такой мозаики говорить не приходится: она была монохромной — белой по черному. Но несомненно мастерство древних художников. Мозаики IV—III веков до н. э. со сценами охоты, раскопанные в Македонии, точно передают отчаянную стремительность движений убегающего зверя и жесткую настойчивость, уверенность и азарт человека. Чтобы мозаичный рисунок сделать более детальным, камень раскалывали на мелкие кусочки, добываясь ровной поверхности скола. На ней иногда, к радости мастера, появлялся цвет, не свойственный камню, или возникал узор из прожилок, которые оживляли картину. Чем мельче отдельные элементы мозаики, тем плотнее они могут быть подогнаны друг к другу и тем меньше заметны швы, но тем сложнее и кропотливее работа.

В Древнем Риме, где в искусстве и жизни господствовал культ строгой пропорциональности и гармоничной сбалансированности форм на фоне имперской роскоши, мозаики сочетали в себе богатство и красочность декора с практич-



ДРУГИЕ ВЕЩИ

ностью и удобством в работе. Мозаики выкладывали из натуральных цветных поделочных и полудрагоценных камней: сердолика, яшмы, агата, лазурита, аметиста, авантюрина, халцедона, серпентина, тигрового глаза, а также мрамора. Нередко использовали перламутр и слоновую кость. Набирали мозаику из плоских пластинок размером 5 на 10 см и толщиной не более 5 мм. Их вырезали по шаблонам в соответствии с контурами намеченного рисунка. Камни выбирали с красивой внутренней текстурой, нужного цветового оттенка и примерно с одинаковыми физическими характеристиками, например твердостью, чтобы обработка готовой работы — полирование, шлифовка — ее не разрушили. Детали мозаики так плотно укладывали с учетом каждого штриха и тона собственного рисунка, что граница между отдельными элементами была совсем не заметна. Натуральные камни стоили дорого — это не голыши, которые шли на дорожки и полы греческих дворов. Поэтому, как правило, мозаики были небольших размеров, не более одного-двух квадратных метров. Их размещали на стенах дворцов и общественных зданий. Самые маленькие вставляли в предметы интерьера и даже прикрепляли к парадной одежде.

По традиции мозаику из натуральных камней, самую сложную и дорогую в работе, называют флорентийской. Мастера Флоренции, из поколения в поколение передавая тщательные хранимые секреты, выработали особую технику работы с камнем. Флорентийская мозаика необыкновенно красочна, роскошна, нарядна и в то же время естественна, не вычурна. Ею украшали столешницы, шкатулки, шахматные доски, письменные приборы, стены парадных комнат. О ней с восхищением говорил великий Микеланджело, что только каменные картины (так он называл мозаику) действительно вечны, ведь краски камней не выцветают, не тускнеют, не осыпаются.

В наше время флорентийская мозаика стоит фантастически дорого, и даже на крупнейших мировых антикварных аукционах она редкая гостья. А мы всегда можем полюбоваться ею в Минералогическом музее имени А.Е.Ферсмана в Москве, где экспонируется мозаичная картина-панно, вставленная в дверцы шкафа. Она выложена более чем из 20 тысяч пластинок уральских самоцветов. Шкафчик сделали русские мастера на Петергофской гранитной фабрике в конце XIX века по заказу императрицы Марии Федоровны. Шестеро художников трудились над ним почти пять лет. Флорентийскую мозаику, изготовленную в России, часто называют русской, не просто отдавая должное великолепному мастерскому исполнению. Особенность русской мозаики в том, что пластины из самоцветов всегда клеили на основу из камня, прочного, но относительно дешевого, например мрамора. Кроме того, русские мастера собирали мозаики не только на плоских поверхностях, но и на сферических и цилиндрических: круглых чашах, вазах и даже на колоннах. Русские мозаики так виртуозно подобраны по фактуре и цвету, что кажется, будто это не собрание плотно пригнанных мелких кусочков, а камень-монолит, с единым узором, сотворенный прихотью природы. Этому впечатлению способствует и ошутимая даже на взгляд полновесность моза-

ики, ведь монтировалась она не на картоне, а на натуральном камне. В Эрмитаже хранится шедевр русского мозаичного искусства — карта Советского Союза площадью 22,5 кв. метра, собранная из уральских самоцветов: зеленая яшма разных оттенков изображает равнины, а желтая и коричневая — горы и предгорья, вечные снега выложены белым опалом, моря и океаны — лазуритами, государственная граница — родонитом.

Посвященная музам

Когда флорентийская мозаика почти исчерпала свои технологические возможности, появился новый материал — смальта, цветное непрозрачное «глухое» стекло. Ее получали плавлением при высоких температурах кварцевого песка с солями калия, оксидами металлов и минеральными добавками. Бурное развитие стекольных производств в III—IV веках н. э. дает старт смальтовой мозаике, называемой римской или византийской, так как расцвет ее пришелся на эпоху Византийской империи.

Для декоративной мозаики нет лучше материала, чем смальта. Как любое стекло, она свето-, тепло- и износостойчива, не пориста, имеет нулевой коэффициент водопоглощения. Смальта особенно ярка, живописна, утонченна. Отдельные элементы смальтовой мозаики гораздо мельче, нежели пластины натурального камня, их подгонка друг к другу — плотнее, тоньше и деликатнее. А цвета! Смальту окрашивают оксидами металлов: свинца, железа, кобальта, серебра, марганца, золота. Можно получить практически любой оттенок. Любимым цветом мастеров-византийцев был золотой — византийская мозаика исполняется почти всегда на золотистом фоне.

Игра световых бликов на стеклянной поверхности делает мозаичные композиции из смальты необыкновенно выразительными и красочными. Относительная дешевизна, доступность и легкость в работе — по сравнению с цветными камнями — позволили создавать огромные настенные и напольные мозаики. Чтобы придать изображению объемность, глубину и естественность, поверхность мозаик специально делали неровной, что было заметно только вблизи. С большого расстояния, а на мозаичную картину надо смотреть издали, картина оживала. Вдруг упавший на мозаику луч света, под разными углами отразившись от поверхности, создавал иллюзию движения облаков, легкого дуновения ветерка, едва заметного изменения наклона туловища или поворота головы изображенного человека.

Смальта, как никакой другой материал, способна придать особенную величественность и роскошную нарядность помещению. Она заполняет собой все пространство, оптически расширяет его. Смальте присуще внутреннее свечение, поэтому даже большие площади, выложенные одним цветом, не выглядят скучно. Она живет и дышит. И в этом ее таинственная притягательность.

Вероятно, именно с эпохи Византии за этим видом монументального искусства и закрепилось его современное название — мозаика. Латинское слово «*musivum*» буквально означает «посвященное музам». На итальянском языке оно писалось «*mosaico*», а на французском «*mosaïque*». Что человек может посвятить музам? Только что-то красивое, праздничное, торжественное и вечное, как вечны сами музы.

Мозаика из смальты своей поражающей воображение игрой света и яркостью осветила темные христианские храмы Византии, став и восхвалением, и посвящением не только музам, но и Творцу мира. Византийцы «подняли» мозаику с пола и стен на потолок, под самый купол, ближе к небесам. Великолепные ансамбли, блистающие величием и богатством, со сложной композицией играют и переливаются на сводах и стенах. Глаз скользит по строгим лицам святых, таких знакомых и неузнаваемых, по четким очертаниям сияющих золотом нимбов, по разноцветным одеяниям, и человек проникается ощущением

незримого присутствия Вечного в повседневной кипящей страстями реальности мира сего. Блеск, мерцание, глубина, насыщенность и яркость цвета, присущие смальте, передают ощущение сияния Божественного Света. Может быть, неземная красота византийских храмов стала одной из причин принятия русскими людьми христианской веры.

«...И ветхой древности грызенья не боится»

Мозаики в первых храмах Киевской Руси, в частности в Софийском соборе, в храме Архангела Михаила Златоверхого монастыря, собирались мастерами из Византии, посторонние на работы не допускались. Они же привозили и диковинную для русских смальту, секрет производства которой не раскрывали. Неудивительно, что очень скоро мозаика, стоившая огромных денег, стала вытесняться фресками, которые, к сожалению, недолговечны. Их краски со временем тускнеют и крошатся, требуют ремонта.

О смальте почти шесть веков никто не вспоминал, пока на нее не обратил внимание М.В.Ломоносов — физик и химик, художник и поэт. Он поставил перед собой задачу отразить «знатнейшие дела» правления Петра I, прославить величие Отечества и героические подвиги русского народа в мозаичных панно. По его мнению, только мозаики «хранят геройских бодрость лиц, приятность нежную и красоту девиц и ... ветхой древности грызенья не боится».

Для начала надо было всего ничего: раскрыть секрет смальты и научиться ее получать. Ломоносов блестяще справляется с этой задачей. Он проводит десятки тысяч опытов, совершенствует технику плавления стекла, придумывает новые приемы набора мозаик, наконец, открывает Усть-Рудицкую фабрику и набирает учеников в мозаичную мастерскую. Она просуществовала целых 18 лет. За это время было создано 40 мозаичных картин, из которых сохранились только 23. Высшее признание его заслуг — статья в итальянском журнале «Ученые Флорентийские ведомости» от 1764 года, в которой говорилось, что «Ломоносов приготвил все необходимые цвета для такой мозаики, которые, будучи сравнены с римскими, оказались не уступающими им ни в чем». Смальтовые мозаичные картины М.В.Ломоносова не просто прекрасно имитируют масляную живопись, но во многом и превосходят ее. В частности, портреты весьма выиграли при переводе их в мозаику. Им свойственны лаконичность и четкость силуэта, мягкие переливы цвета, насыщенность тонов, объемность, богатство и интенсивность цветовой палитры, тонкость проработки деталей.

В наше время мозаики используют как элемент декора храмов и общественных помещений, в оформлении парков. Высокого качества мозаики из смальты украшают станции метро в Москве и Санкт-Петербурге.

Красота в деталях

Из чего складывают мозаики? Из всего, что можно приклеить на стабильную поверхность и залить скрепляющим раствором. Самый благодатный в работе, хотя и недешевый материал — это стеклянная смальта. Она продается в виде больших ограненных пластин — слябов, которые мастера сами разбивают на мелкие кубики. Цветовая гамма смальты огромна. Есть даже «металлик» — с тончайшей прокладкой листового металла внутри: сплавов золота, серебра или меди. Для миниатюрных мозаик выпускается смальта филати, представляющая собой крохотные кубики со стороной 1 мм. Ее получают нарезкой тоненьких прутьев, которые вытягивают из расплавленного стекла.

Для мозаик подходит любое стекло — цветное витражное, как с гладкой поверхностью, так и с неровностями в виде волн или завитков, или зеркальное. Последнее необязательно даже



ДРУГИЕ ВЕЩИ

Как складывают мозаики? Техник укладки мозаичных деталей, наверное, столько же, сколько мастеров. Существует одно правило, которое желательно соблюдать. Основной рисунок — его называют фокальной точкой — и обрамляющий его фон надо укладывать по-разному. Фон должен быть достаточно простым, чтобы не подавить, а, наоборот, высветить и красиво подать фокальную точку, привлечь к ней внимание. Мозаичные кусочки правильной геометрической формы выкладывают ступеньками, кирпичной кладкой, елочкой, решеткой, веером. Лоскутное покрытие выполняется деталями неправильной формы с острыми краями. Более сложный способ — послышное контурное обрисовывание фокальной точки. Самые красивые укладки получаются, когда элементы мозаики вырезают по индивидуальным формам и скрепляют боковыми поверхностями.

Детали мозаики можно сразу клеить на основу — этот способ набора называется прямым, а можно использовать обратный: мозаику временно клеят на рисунок лицевой стороной вниз и заливают раствором. Когда он затвердевает, весь блок переворачивают, отделяют от рисунка и монтируют на постоянное место. Обратный набор удобнее тем, что блоки собираются в условиях мастерской, где работать быстрее и комфортнее, проще и легче обработать лицевую поверхность. Иногда фон и простые детали рисунка делают прямым набором, а сложные, например, лицо, если это мозаичный портрет, обратным. Удобство работы с блоками еще и в том, что, если придется переключать неприятившийся кусок, легче это делать по частям.

На чем собирают мозаики? Мозаика монтируется на предварительно подготовленной ровной поверхности произвольной формы, обычно плоской. Она называется основой. Подготовить основу — значит обработать ее водонепроницаемым составом-герметиком и нанести неглубокие бороздки-насежки для лучшего сцепления. Основы бывают деревянные, каменные, пластмассовые, асбестоцементные, керамические (например, терракота) и даже бумажные (например, папье-маше). Чаще всего мозаику собирают на фанере. Если мозаика будет жить на улице, используется толстая судостроительная фанера. В качестве герметика подойдет клей ПВА (поливинилацетат), разведенный пополам с водой, или горячая олифа. Герметизировать надо и края, и боковинки основы, чтобы потом не возникли деформации. Проще всего купить готовую водонепроницаемую панель на цементной основе с сеткой из стекловолокна. Она хорошо режется обыкновенной пилой.

Красивы мозаики из цветного стекла, собранные на стеклянной основе, особенно искусственно подсвеченные. Листовое стекло обрабатывают спиртом и сушат. При герметизации надо следить за тем, чтобы не остались пузырьки воздуха — они будут заметны. Мозаики выкладывают и на металле. Металлическую поверхность надо зашкурить и смести все крошки-опилки, чтобы они, попав в клей, не ухудшили сцепление.

Небольшие мозаики можно делать без основы — ее роль сыграет заливочная бетонная смесь. Берем любую подходящую миску-форму — деревянную, металлическую, пластмассовую, гибкую резиновую, картонную, подойдет и из плотной бумаги. Обрабатываем ее антиадгезионной смазкой (на первый случай можно взять вазелиновое масло) и заполняем заливочной смесью. Прямо на нее выкладываем мозаику, слегка вдав-

Мозаика из гальки. Термы Калифеи, о. Родос

покупать — всегда найдутся несколько осколков, которых будет вполне достаточно для создания интересного визуального эффекта в композиции. Зеркальное покрытие надо защищать от агрессивного воздействия клеящих веществ. Его обратную сторону перед работой покрывают в несколько слоев любым уплотнителем, например акриловым. Клеят его только специальными мастиками или 100%-ным силиконом. Если вы хотите выложить стеклянную мозаику на дне и стенах собственного бассейна, купите готовую цветную стекловидную плитку. Она мелкая, прочная, удобная в работе, а из-под воды будет выглядеть не хуже смальты.

Из камней чаще всего используются прочные водостойкие гранит, мрамор и керамогранит, реже известняк, шифер и щебень. Можно искусственно «состарить» камень, сделать его потрескавшимся с помощью окрашенной яичной скорлупы.

Для функциональных мозаик хороша керамическая плитка — недорогая, красивых расцветок, морозо- и износостойкая, не скользящая, грязеотталкивающая. Ее легко колоть, резать и разбивать, она бывает полированная и нарочито необработанная, покрытая глазурью и неглазурованная. Ее недостаток — излишняя пористость со всеми вытекающими и протекающими последствиями. Поэтому желательно сразу обработать ее герметиком, он послужит дополнительной защитой от грязных пятен.

Любимый материал дизайнерских мозаик, необычных, стильных, — фарфор и фаянс — самая прочная керамика, обожженная при высоких температурах. Просто наклейте на основу в хаотическом беспорядке осколки разноцветных чашек, блюдечек, тарелок и залейте раствором — получится «безумная» абстрактная мозаика в стиле «picassiette», от которой не оторвать глаз.

Мозаики можно выкладывать из бисера, из металлических пластин латуни, меди, стали, даже из дерева, но только очень дорогих пород, например из палисандра, африканского черного дерева (из него делают деревянные духовые музыкальные инструменты), красного дерева, розового дерева.

Какие только детали не используются в авторских мозаиках! Пуговицы, бусины, мебельные ручки и крючки, ракушки, сломанные ювелирные украшения и мелкие детские игрушки, отшлифованные машинным способом, прозрачные цветные или матовые, как бы припудренные, шарики из бутылочного боя. Не выбрасывайте такую «мелочь» — обязательно пригодится.

ливая детали, и оставляем затвердевать. Затем вытряхиваем мозаику из формы, а бумажную — просто обрываем.

Чем клеят мозаики? Клеев для мозаичных работ много. Большинство из них при высыхании могут давать усадку, поэтому желательно добавлять в клей наполнитель — стеклянный или кирпичный порошок. Клеевым составом смазывают основу, его же наносят на тыльную сторону мозаичного элемента и последовательно наклеивают в соответствии с рисунком и выбранным способом укладки. Детали не должны тонуть или всплывать, это сделает невозможным обработку лицевой поверхности. Один из лучших клеев для прямого набора на любой поверхности — эпоксидная смола. Она хороша для уличных мозаик и для условий повышенной влажности. Выпускают ее в двух вариантах: быстро схватывающуюся и медленно схватывающуюся. Работать с ней надо только под вытяжкой, так как ее пары ядовиты. Если не предполагается условий повышенной влажности, можно использовать клей ЭВА (этиленвинилацетат), его часто называют водостойкой версией ПВА.

Силиконовый клей в виде густого прозрачного или белого геля подходит также почти для всех поверхностей. А для зеркального стекла это лучший вариант. Силикон можно окрашивать цветными присадками. Для объемных и вертикальных мозаик выпускают прочные универсальные клеи, подходящие и для внутренних, и для наружных работ, — чтобы правильно выбрать, надо читать этикетку.

Для сухих помещений можно использовать мастики — экономичные пасты на латексной или нефтехимической основе. В качестве временного клея при обратном наборе мозаики используют дешевый обойный клейстер, хорошо смываемый водой.

Как заливают мозаики? Промежутки между приклеенными мозаичными элементами заливают скрепляющим раствором. Он не только упрочняет готовую мозаику, но и визуально собирает ее в единое целое. Заливочные растворы бывают эпоксидными или цементными. Эпоксидные стоят дорого и требуют определенного опыта. Они медленно твердеют, могут неожиданно заблестеть. Если где-то останется случайно прилипшая крошка, очистить ее будет невозможно, не повредив мозаику.

Цементные заливки содержат упрочняющие порошковые полимерные или жидкие латексные добавки. Важный вопрос: добавлять песок или нет? Специалисты говорят так: если зазоры маленькие, можно обойтись и без песка. В то же время опытные мастера всегда работают с песком независимо от размера зазоров. Так что этот вопрос пока остается открытым. Цементные растворы продаются уже окрашенными. В сухом виде их смешивают, просеивая сквозь сито, для получения новых цветов. Белую цементную заливку можно подкрашивать акриловыми красками. Возьмите за правило готовить заливочный раствор с запасом. Если вдруг вывалится несколько кубиков мозаики, а при заливке так бывает нередко, их надо просто вынуть, затем снова приклеить и залить остатком раствора. Если раствора не осталось, придется готовить новую порцию, и вы, скорее всего, «не попадете в цвет», особенно когда подбираете его сами.

Все идет по плану

Прежде чем приступить к выкладыванию мозаики, надо определиться с некоторыми моментами. Где она будет находиться — в теплом помещении или на улице, открытая всем ветрам, морозу и жаре? Она будет чисто декоративной или предполагается функциональная нагрузка? В самом деле, дорожка в саду должна быть «выносливее» настенного панно. Для подвесной мозаики надо предусмотреть систему крепежа. Какая цветовая гамма наилучшим образом подойдет вашей задумке? С какого расстояния вы чаще всего будете на нее смотреть? Это далеко не праздные размышления, это называется планированием мозаики. Правильный выбор материала и соответствующих ему основы, клея, скрепляющего раствора будут залогом удачной работы. Как бы вам ни нравилась смальта, надо помнить, что она хороша только для декоративных мозаик. Ее уникальные цветовые и отражающие характеристики обусловлены присущей ей неровностью текстуры. Поэтому она не подходит для мозаик с плоскими ровными поверхностями. Не годится она и для полов, к тому же и стоит недешево. Вместо нее можно попробовать недорогое цветное стекло — прозрачное, матовое, гладкое,



Музей «La Maison Picassiette» в Шарппе





Фото :
М.Демина, Е.Клещенко, А.Константинов, С.Комаров.



шероховатое, ребристое. Если вы хотите работать с камнем, купите прочный инструмент: молоток, долото, кусачки, плоскогубцы, резцы. Вам могут потребоваться маленькая наковальня и шлифовальный станочек для обработки острых краев. Главный режущий инструмент — стеклорез с металлической линейкой. Не жалейте на него

клорезом на полоски и откусываем кусочками одинаковые квадратики. Красное и розовое стекло режем чуть мельче: яблоко наберем елочкой, а чем миниатюрнее детали, тем красивее. Нужно сделать и несколько треугольников, для этого разрежем квадраты по диагонали. Не забудем, что теплое стекло режется легче холодного. Крепим силиконом стеклянные детали мозаики. Сначала заполняем целиком яблоко. Листик выкладываем зелеными треугольниками, а веточку коричневыми прямоугольниками. Некоторые квадратики фона придется подрезать, чтобы точно повторить контур яблока. Оставляем нашу мозаику подсыхать. На другой день заливаем ее цементной заливкой. Чтобы не повредить рамку, предварительно заклеиваем ее липкой малярной лентой. Когда мозаика окончательно высохнет, сметаем крошки, сдуваем пылинки и вешаем ее на стену.

денег, ведь работать хорошим инструментом легко и удобно, да и результат будет более предсказуем.

Как выбрать цвет заливочного раствора? Он может принести новое настроение — в зависимости от цвета заливки мозаика может стать живее и веселее, строже, контрастнее или ярче или, наоборот, мягче и приглушеннее. Если вы затрудняетесь, попробуйте самый светлый из возможных. Не понравится — его можно затемнить, а наоборот уже не получится. Если работа кажется вам испорченной из-за неудачного выбора цвета заливочного раствора — краски подавляют друг друга или выглядят вяло, нечетко, уныло, теряется фокальная точка, — попробуйте спасти положение. Распылите на мозаику разведенную акриловую краску и быстро протрите изделие, так чтобы новый цвет остался только на швах. Случается, что результат все равно не устраивает, тогда придется разобрать работу и начать сначала. Расстраиваться не надо, ведь неудача — это хороший опыт, «сын ошибок трудных», ваше бесценное достояние. Что-то получилось не так, как было задумано? А может быть, все не так уж плохо? Бывает, что сегодняшняя ошибка становится завтрашней признанной всеми техникой. Профессиональные дизайнеры, создатели новых ярких стилей, во все времена что-то делали «не так».

Попробуй ее собрать!

Давайте сделаем эффектную мозаику на стекле. Покупаем в магазине рамку и клеиваем в нее пластину обычного листового стекла. Обрабатываем его спиртом и насухо вытираем. Выбираем несложный рисунок — его контур должен быть простым и четким, без резких изгибов и вогнутых линий. Оказываются, простые контуры в мозаике смотрятся выигрышнее. Что это будет: сердечко, солнце, стилизованный цветок с круглой серединкой и пятью одинаковыми лепестками, груша, яблоко или арбуз? Яблоко так яблоко. Румяное, с крутыми боками, веточкой и зеленым листочком на ней. Рисуем яблоко на бумаге и переводим маркером рисунок в центр рамки. Подбираем цветное стекло — красное и розовое для яблока, темно-зеленое для листика, несколько кусочков коричневого для веточки. Какой цвет выберем для фона? Может быть, серый или светло-зеленый? Его будем набирать самой простой кладкой, чтобы визуально выделить и подчеркнуть центральную часть. Разрезаем стекло сте-

клорезом на полоски и откусываем кусочками одинаковые квадратики. Красное и розовое стекло режем чуть мельче: яблоко наберем елочкой, а чем миниатюрнее детали, тем красивее. Нужно сделать и несколько треугольников, для этого разрежем квадраты по диагонали. Не забудем, что теплое стекло режется легче холодного. Крепим силиконом стеклянные детали мозаики. Сначала заполняем целиком яблоко. Листик выкладываем зелеными треугольниками, а веточку коричневыми прямоугольниками. Некоторые квадратики фона придется подрезать, чтобы точно повторить контур яблока. Оставляем нашу мозаику подсыхать. На другой день заливаем ее цементной заливкой. Чтобы не повредить рамку, предварительно заклеиваем ее липкой малярной лентой. Когда мозаика окончательно высохнет, сметаем крошки, сдуваем пылинки и вешаем ее на стену.

Ну как не сделать мозаичное панно в стиле «picassiette»? Хватит треснувшей чашке из старинного бабушкиного сервиза одиноко стоять «для красоты» на задворках серванта. Мы ее разобьем, и она станет центром уникальной мозаики. Сначала поучимся бить посуду. Это не так просто, как кажется. Нам потребуется резиновый молоток — киянка, кусок плотной ткани, например старое полотенце, и полиэтиленовый пакет. Нет киянки — надеваем на обычный молоток два толстых носка. Заворачиваем чашку в ткань и в полиэтиленовый пакет, кладем сверток на кусок толстой фанеры и несильно по нему ударяем. Может хватить одного удара, иногда и десяти мало. Открываем пакет — ах, какие славные получились осколки, так и просятся в мозаику! Острые края надо сразу же обработать наждаком или на станке. Это долго, но необходимо, потом сами себе спасибо скажем.

Готовим фанерную основу: герметизируем, наносим искусственные шероховатости, вытираем чистой сухой ветошью. Универсальным клеем прикрепляем на дерево кусочки фарфора в произвольном порядке-беспорядке, стараясь максимально заполнить всю площадь. Оставим сохнуть на сутки. Готовим заливочный раствор на цементной основе с песком, соблюдая рекомендации производителя. Подкрасим его акриловой краской в тон цветочкам на бывших чашках и блюдцах. Остывшим раствором заливаем мозаику, быстро распределяем его по всей площади, чтобы заполнились все без исключения зазоры. Через 15 минут влажной губкой вытираем мозаику, а когда она полностью высохнет, отполируем ее мягкой сухой тряпкой. Но осторожно, сильно тереть не надо, чтобы не поцарапать фарфор. Торцы и изнанку основы покрасим акриловой краской на тон или два темнее швов либо сделаем декоративную рамку из металлических полосок. Вешаем мозаику на стену и отходим на небольшое расстояние, чтобы полюбоваться ею. Просто замечательно... Подождите, мы забыли подписать работу! Ведь это же авторская неповторимая мозаика. Берем вечный маркер, ставим дату и подпись. Вот теперь все готово.



Цвет этой черты

Минералогии издавна применяли такой метод определения минералов: крепко берут в руку образец и — р-раз им по бисквиту!.. Правда, бисквитом они называют не то, что мы, а шероховатый кусок фарфора. И задумчиво смотрят, какого цвета черта осталась. Если что-то осталось, кроме тающего в воздухе нежного звука.

Цвет этой черты часто не совпадает с цветом минерала. Вот примеры:

пирит — цвет минерала соломенно-желтый, черта черная;
халькопирит — цвет минерала латунно-желтый, черта черная с зеленоватым оттенком;

гематит — цвет минерала стально-серый, черта вишнево-красная;

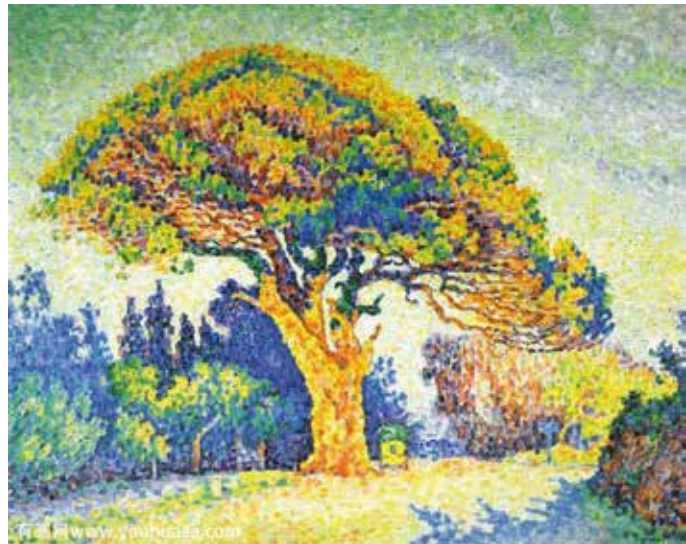
актинолит — цвет минерала зеленый, черта белая. (Источник: Лабекина И.А., Гаврилов В.И., Середнев М.А., Никитин А.А. Физические свойства минералов. Сайт Геологического музея Новосибирского государственного университета mineral.nsu.ru/educat/article/1/)

Почему? Как истинные ученые коты, начнем с изучения источников. Вот как пишут об этом те, кто рассматривает этот вопрос подробнее.

«Цвет черты — это цвет порошка минерала. При этом следует позаботиться, чтобы минерал был растерт как можно тоньше. При определении черты нерудных минералов лучше всего пользоваться белой негладой (шершавой) фарфоровой пластинкой (белой неглазурованной облицовочной плиткой, нижней стороной дна ступки, осколками белой фарфоровой посуды и т. п.). При установлении черты рудных минералов можно использовать также пластинки черного цвета, например из лидита (черная разновидность кварцитов). В некоторых случаях, особенно когда минерал тверже, чем пластинка, черта не образуется. Тогда осколок минерала разбивается молотком или размалывается в ступке, а цвет полученного порошка определяется на белом фоне» (Немец Ф, «Ключ к определению минералов и пород», kubera.narod.ru/kluch/occh.htm).

Итак, дело не в бисквите, а в мелкости порошка. Почему пластинка должна быть белая или черная, кажется понятным — чтобы ее цвет не мешался с цветом минерала. Однако скоро мы узнаем, что не все так просто.

На цвет минерала может влиять поверхностная пленка, которая называется побежалостью, а также иризация — интерференция на тонких включениях или трещинах. Может помешать и металлический блеск поверхности. Превращение минерала в мелкий порошок решает эти проблемы. В последнем случае мы даже можем оценить, насколько мелким должен быть порошок — длина волны света примерно полмикрона, поэтому зеркального отражения (блеска) при размерах порошинок в несколько микрон и менее можно не опасаться.



Поль Синьяк. Сосна в Сен-Тропе.

Похожий метод используют ювелиры для определения пробы сплавов золота, серебра и платины, но пробирный камень у них — шероховатый кремнистый сланец, лучше всего — черный. А металловеды «цветами побежалости» называют возникшие из-за интерференции цвета окисных пленок на стали (фото 1 а, б). Цвет зависит от толщины, а она — от термообработки, причем сильнее от температуры, чем от времени. Поэтому в древности в справочниках приводили вот такие данные (фото 2).

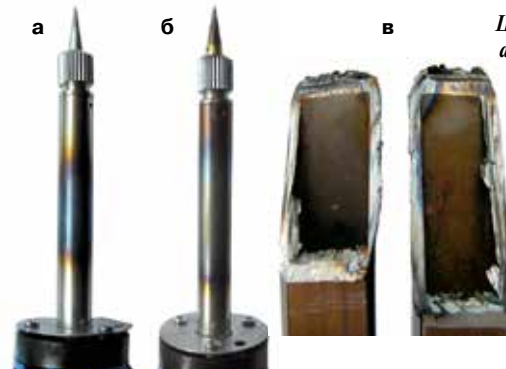
Обратимся к новому интересному сайту webmineral.ru. На нем можно получить выборку минералов по многим признакам, в том числе по цвету минерала и цвету черты. Прилежно делая запрос за запросом, осуществляя «парсинг сайта вручную», получаем такую статистику.

Так почему же в двух третях случаев эти два цвета не совпадают?

Приблизиться к ответу нам поможет вот такое замечание: «Примером окраски минерала механической примесью другого вещества может служить зеленый кварц (празем), цвет которого обусловлен мельчайшими включениями чешуек зеленого хлорита или иголочек актинолита. Механическая примесь гематита часто вызывает красную или бурую окраску минералов, например, галита и сильвина, агатов» (mineral.nsu.ru/educat/article/1/).

Итак, возможно, что — по крайней мере, в некоторых случаях — дело в неоднородности, вообще в неоднородности оптических свойств. Представим себе полупрозрачное неокрашенное вещество, в котором распределены маленькие частички, полностью поглощающие какую-то часть спектра, например коротковолновую — синюю. Тогда образец при достаточной толщине будет дополнительного к синему, то есть желтого цвета. Если в неокрашенном веществе распределить частички, полностью поглощающие желтую часть, слой получится синий. Теперь возьмем образец, содержащий оба вида частиц. Если спектры поглощения накладываются, слой окажется черным — любой квант хоть кем-то да поглотится. Если же такие частички нанести одним тонким слоем на поверхность, чтобы они лежали рядом — так, чтобы квант,

| цвет черты | цвет минерала | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------|----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | Нет |
| ■ Красный | 9 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 32 | 0 |
| ■ Оранжевый | 8 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ■ Желтый | 5 | 10 | 35 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 26 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| ■ Зеленый | 0 | 0 | 2 | 40 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| ■ Голубой | 0 | 0 | 0 | 5 | 9 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| ■ Синий | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ■ Фиолетовый | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| ■ Розовый | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ■ Коричневый | 7 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 | 0 | 3 | 47 | 2 |
| ■ Белый | 43 | 16 | 174 | 119 | 46 | 22 | 26 | 101 | 149 | 267 | 151 | 17 | 352 |
| ■ Серый | 2 | 0 | 7 | 12 | 1 | 5 | 2 | 1 | 14 | 14 | 31 | 24 | 2 |
| ■ Черный | 2 | 0 | 10 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 10 | 11 | 32 | 77 | 0 |



1
Цвета побежалости:
а и б — на паяльнике,
стадии нагрева;
в — после резки
без охлаждения
стального профиля



2
*Записная книжка инженера
 середины прошлого века,
 верх — цвета побегалости
 и цвета каления,
 температура в °С*



РАССЛЕДОВАНИЕ

3
*Кофе, сфотографированный
 в одинаковых условиях, — слева
 кристаллический,
 справа — гранулированный.
 Частицы в правой чашке
 шероховатее, цвет насыщеннее
 (вкус и запах определяются
 не шероховатостью!)*



уцелевший при попадании в одну частичку, не был обречен взаимодействовать и с другой, а радостно покидал объект и летел к нам, — то поверхность будет серой, неокрашенной. Ибо и синий, и желтый с равными вероятностями попадут на непоглощающую частичку. Сложение цветов в толстом слое называется «субтрактивным сложением» («вычитательное сложение!»), в тонком — аддитивным сложением («складывательное» сложение).

Именно субтрактивно складываются краски в полиграфии, причем для лучшей насыщенности черного печать обычно идет в четыре цвета — дополнительно печатается еще и просто черный. А на мониторе краски складываются аддитивно, потому что изображение формируются отдельными цветными точками, пикселями.

Обратимся к живописи. Цвет, который субъективно воспринимает человек, однозначно определяется спектром, но противоположное утверждение (в быту его называют «обратным») неверно. Белый может быть, как неправильно учат в школе, «смесью всех цветов», а может — синего и желтого, или красного и сине-зеленого. И вообще, профессионал различает жалкие несколько сотен цветов, а спектров-то больше — континуум. Поэтому два вещества с разным химическим составом и разным спектром могут быть одного цвета.

Это-то полбеды, но при смешивании красок на палитре

Аббревиатуры, знакомые фотографам, веб-дизайнерам и полиграфистам, а также всем, кто пытается распечатать картинку из файла, — RGB и CMYK, Red Green Blue (красный, зеленый, синий) и Cyan Magenta Yellow Black/Key (сине-зеленый, пурпурный, желтый и черный, он же ключевой). Цветовая модель RGB — аддитивная, в ней цвета получаются путем сложения спектров излучения, добавленных к черному, — при свечении точек на черном экране или, как в опыте Максвелла, при отражении световых лучей от белой стены в темноте. Согласно этой модели воспроизводятся оттенки цвета на экране компьютера и телевизора, причем желтый цвет получается из зеленых и красных точек. В субтрактивной модели CMYK цвета получаются вычитанием из белого, и она как раз подходит для нужд типографии — каждая краска отнимает свой спектр поглощения у белого цвета бумаги.

происходит субтрактивное сложение! И смесь красок А и B1 может оказаться не того цвета, что А и B2, хотя для глаза цвет B1 и цвет B2 одинаковы. При аддитивном сложении такого не происходит. Именно поэтому в технических условиях на краски оговаривается, какой цвет должен получаться при смешивании их с теми или иными красками. Чтобы художники могли творить и «дышать свободно», а не, смешивая краски, ждать каждый раз, что получится.

Между прочим, в живописи было такое течение — пуантилизм. Предлагалось краски не смешивать, а ставить рядом точки и отходить на расстояние, на котором они сливаются. Чтобы глаз суммировал аддитивно, как на мониторе. Впрочем, до монитора было еще далеко...

Вернемся в привычный мир минералов. Проводя черту, мы — при определенном соотношении шероховатости бисквита и структуры минерала (конкретно, дисперсности включений) — как раз и переходим от субтрактивного сложения к аддитивному. Поэтому черта часто светлее минерала: оранжевый переходит в желтый, но не в красный, а синий в голубой, но голубой не в синий, и вообще — в таблице очень много белого. Впрочем, возможно, в некоторых случаях просвечивал и белый бисквит.

В этом может проявляться разница между белым и черным бисквитом. На черном черта работает только на рассеивание и отражение, а на белом — еще и на двукратное пропускание. При достаточной оптической толщине самой черты разницы не будет, но если черта тонкая, а минерал полупрозрачный, ситуация становится сложнее. Если красящие включения только поглощают, то разница сводится к примеси белого: на белом бисквите тонкая черта бела, на черном — черна. Если же играет хоть какую-то роль интерференция, ситуация усложняется катастрофически, потому что отраженное и прошедшее излучения будут иметь разный спектр. А ведь в некоторых минералах интерференция работает...

Еще одно возможное отличие минерала от черты — шероховатость. Если образец был оптически гладкий, но не слишком прозрачный, то он будет выглядеть более белесым, чем черта, поскольку в распространяющемся от него излучении будет больше доля отраженного именно поверхностью и не окрашенного, то есть белого. От шероховатой «черты» доля непосредственно отраженного меньше (при отклонении от нормали поток уменьшается), ее цвет будет насыщеннее. Именно поэтому занавесы в театрах делают с многочисленными складками — чтобы их цвет был насыщеннее. Аналогичный эффект можно наблюдать и не в театре, а дома — см. рис. 3.

А как здорово было бы получить мега- или нано-, а лучше мезагрант, взять хороший современный спектроанализатор, много-много минералов, много бисквитов всех видов, да и полууединиться на хорошем до того необитаемом острове с Линией доставки (см. Стругацких), Интернетом и моими студентами и устроить на полгода исследование!

Кстати! Ведь тонкие пленки металлов полупрозрачны — сам видел и на занятиях показывал. Надо бы и их исследовать... Кстати, а почему в книгах всегда пишут, что тонкие пленки золота полупрозрачны? Тонкие пленки любого металла и вообще любого вещества полупрозрачны. А пишут именно о золоте — почему?

Дыня

Что за фрукт дыня? Кажется бы, что может быть проще. Бахчевая культура семейства тыквенных, вторая по значению и распространению после арбуза, от этого самого арбуза с легкостью отличаема. Однако при ближайшем рассмотрении все гораздо сложнее. Начнем с того, что специалисты так и не пришли к единому мнению относительно классификации дыни столовой *Cucumis melo*. Ее относят к роду огурцов *Cucumis L.*, включающему около 40 видов, из которых окультурены только огурец и дыня. Но некоторые ботаники выделяют дыню в отдельный род *Melo*, и по этой классификации она дыня посевная *Melo sativus*. Одни относят к дыне посевной исключительно культурные сорта, другие включают в этот вид дикие и полукультурные дыни. Дикие дыни — сорные полевые растения, мелкоплодные и невкусные. Полукультурные виды достаточно крупные, съедобные, но несладкие. Пожалуй, самая известная из них — дыня змеевидная, она же извилистая, она же дыня серебристая или армянский (азербайджанский) огурец *C. melo flexuosus* (*M. flexuosus*). Ее изогнутые плоды достигают 50—100 см в длину и напоминают длиннющий зеленый огурец. Подобно огурцам, спелые флексуозусы желтые и невкусные, в пищу употребляют пяти-семидневные завязи.

Но вернемся к культурным дыням. Размер и форма у них самые разные, а от диких разновидностей они отличаются сладостью. Дыня — одно из первых одомашненных растений. Ее окультурили за много веков до нашей эры в Средней Азии, Северной Индии и прилегающих к ней районах Среднего Востока. Постепенно культура распространилась от Малой Азии до Китая. В Европе дыня появилась в конце римского владычества. В XV—XVI веках ее завезли на Русь, в Поволжье, и при государе Алексее Михайловиче, который любил сельскохозяйственные эксперименты, разводили в царских теплицах Измайлова. В самом начале XVII века дыню уже возделывали белые поселенцы в Америке, а некоторые индейские племена выращивали свои собственные сорта дыни, которые получили от плодов, завезенных испанцами.

А сколько вообще сортов дыни? Специалисты насчитывают около 3000 сортов. Естественно, это многообразие пытаются как-то классифицировать, но получается пока не очень хорошо. Можно разделять сорта по месту происхождения (среднеазиатские, малоазиатские, европейские), согласно другой системе, культурные дыни делят на канталупы (*C. melo cantalupensis*), сетчатые *C. melo reticulatus* и все остальные, объединенные в большую группу безароматных дынь *C. melo inodorus*. Это деление тоже достаточно условно. Канталупы — дыни армянского происхождения. Согласно легенде, их привезли в Италию в дар папе римскому, и они росли в папском имении Канталупо, отсюда и название. У канталуп зеленоватая кожа и ярко-оранжевая мякоть. Но оранжевую мякоть имеют и более крупные персидские дыни, а американские варианты канталупы приписали к сетчатым дыням: их коричневая корка как бы обернута грубой сеткой. К сетчатым дыням также относятся маленькие, очень сочные галлии с зеленой или розовой мякотью и дыни шарлин с белой мякотью и зеленовато-оранжевой кожей.

Нельзя сказать, что дыни *C. melo inodorus* совсем не пахнут, просто их аромат слабее, чем у канталупы. Скорее, термин «безароматные» в данном случае заменяет слово «прочие». Этих прочих очень много, их тоже делят на группы. Широко известны кабаба с ярко-желтой бороздчатой кожей — не такая ароматная, как другие дыни, но дольше хранится; дыня Санта-Клауса (жабья кожа) — овальная, с пятнистой зеленой кожурой и зеленоватой мякотью; белая круглая сахарная дыня размером с большой кулак; группа медвяных дынь с зеленоватой мякотью. Упомянем также креншо (гибрид кабабы с персидской дыней) и крейн (гибрид очень сладкой японской дыни и американской канталупы).

Почему дыня дороже арбуза? В России дыни вырастить сложно. Ей нужно много света и тепла: при температуре ниже 15°C семена не прорастают, а взрослые растения останавливают рост. При 3—5°C дыня погибает от холода. А еще она любит воду. Воздух может быть сухим, но почва должна быть влажной. Обычно дынные бахчи располагают на поливных землях, а это дорого. В нашей стране вызревают только скороспелые сорта, такие, как знаменитая «колхозница», и то в самых южных регионах. Дыни к нам везут из Южного Казахстана и Средней Азии, чаще всего на прилавки попадает «торпеда». Оба сорта относятся к группе безароматных дынь.





Чем полезна дыня? Дыня на 90% состоит из воды, белков и жиров в ней очень мало. Она известна как источник витамина С и бета-каротина (сорта с оранжевой мякотью), а также фолиевой кислоты — сосудоукрепляющего витамина В9. Меньше всего витаминов в зеленых медвяных дынях, больше всего в канталупе. Содержание сахаров также сильно варьирует в зависимости от сорта, в самых сладких оно достигает 20%. В дыне много калия и цинка.

Сейчас принято любое растение считать лечебным, всякий витамин — антиоксидантом. Каких только целебных свойств не приписывают дыне! И пищеварение она регулирует, и при сердечно-сосудистых заболеваниях полезна, и от туберкулеза помогает, и от глистов, и от подагры с ревматизмом. В это слабо верится: сколько состоятельных европейцев страдало раньше от подагры, несмотря на то что дыня была им доступна. Так что давайте рассматривать дыню как источник витаминов и удовольствия.

С какими продуктами сочетается дыня? Чаще всего дыню едят в сыром виде, но иногда ее сушат, вялят, маринуют, пускают на повидло и цукаты, сладкий сок упаривают, получая так называемый дынный мед. Дыня — компонент фруктовых салатов, ее подают со свежими ягодами, с медом, сдобряют мятой и гвоздикой. В Мексике дыню едят с соком лайма и молотым перцем чили.

В некоторых кухнях тонкие ломтики дыни сочетают с постным мясом или нежирным сыром. Кулинары считают, что дыня придает знакомым продуктам своеобразный вкус и аромат и способствует их усвоению. С жирными, зерновыми и крахмалистыми продуктами, молоком и яйцами дыня сочетается плохо. Хотя есть рецепт оладушек, приготовленных из дынного пюре и муки, а вяленую дыню подают с мороженым и кашами. Очевидно, все зависит от сорта дыни и особенностей конкретного кишечника.

Семена дыни тоже представляют ценность, они содержат до 30% ароматного масла, которое хорошо в салатах и кашах.

Как разделить и подать? О том, как едят дыню знающие люди, написал Н.В. Гоголь в повести «Заколдованное место»: «Вот каждый, взявши по дыне, обчистил ее чистенько ножиком (калачи все были тертые, мыкали немало, знали уже, как едят в свете; пожалуй, и за панский стол хоть сейчас готовы сесть), обчистивши хорошенько, проткнул каждый пальцем дырочку, выпил из нее кисель, стал резать по кусочкам и класть в рот».

Это неправильный способ. Взявши дыню, надо ее хорошенько вымыть. Затем с дыни срезают кончики, режут ее пополам вдоль длинной оси, ножом или ложкой удаляют семечки. Каждую половинку нарезают поперек на тонкие ломтики и выкладывают на тарелку кожицей вниз. Знающий человек этот ломтик придержит вилкой, мякоть надрежет ножом в нескольких местах до корки, а затем отделяет небольшие кусочки и ест вилкой. Если дыня очень большая, ее режут не пополам, а на четыре и больше частей, если маленькая — разрезают на половинки и едят мякоть фруктовой ложкой.

Когда дыню разделяют кубиками на салат, с нее срезают сначала кончики, а потом, поставив на торец, кожуру. Получается очищенное дынное поленце.

Не вполне дыни. Некоторые плоды в просторечии называют дынями, однако на самом деле никакие это не дыни. К ним относится рогатая дыня *C. metuliferus*, она же кивиано, мелано, железная дыня и африканский рогатый огурец. Плод *C. metuliferus* действительно напоминает желтую шипастую дыню и смотрится столь эффектно, что его часто используют для украшения стола. Но рогатая дыня вполне съедобна. У нее желеобразная желтовато-зеленая мякоть, немного терпкая на вкус, напоминающий смесь банана, огурца и лимона.

Зимняя дыня *Benincasa hispida*, известная также как белая тыква, зимняя тыква или восковая тыква, похожа на толстый и очень длинный зеленый кабачок. Плоды достигают в длину 80 см, молодые дыни опушенные, но по мере созревания лысеют и покрываются восковым налетом. Эта культура происходит из Юго-Восточной Азии. Плод ее не сладок, его едят как овощ: обжаривают с ним свинину, варят из него суп. В пищу употребляют недозревшую тыкву с тонкой кожицей.

Среди столовых дынь тоже есть сорт, возможно не один, называемый зимней дыней. Такова, например, белая мускатная дыня с гладкой беловатой кожурой и сладкой мякотью.

Как выбрать дыню? Это сложный вопрос, потому что к каждому сорту дыни прилагается собственная инструкция: какой должен быть цвет, запах, мягкость. Поскольку цвет бывает разным, а запаха может вообще не быть (либо сорт такой, либо дыня долго пролежала в холодильнике), ограничимся общими рекомендациями. Кожура должна быть целой, без пятен и трещин. Корка с противоположной от стебля стороны слегка поддается при нажиме. Если пахнет травой, значит незрелая. И помните, что каждому фрукту — свое время. Время дыни — с августа по октябрь.



Н.Ручкина





— Ну, это как сказать, — покачал он головой.

— Закон пять-пять-восемь-бэ о политкорректности в межличностных отношениях запрещает задавать подобные вопросы, сэр, — произнесла барышня, подпустив в голос чуть-чуть строгости: старейшему жителю Земли позволено многое.

В общем, похоже было, что она — из этих. Кто их сейчас отличит? Эти — как те, те — как эти. Иногда Бекхайму казалось, что настоящих на земле вообще не осталось, одни эти. И он. Но теперь уже недолго, теперь уже скоро...

— Итак, сэр, — напомнила барышня, — чем я могу вам помочь?

— Да-да, — кивнул он, зачем-то доставая из кармана еще теплую и пахнущую табачным перегаром трубку. Сунул ее в рот, пососал минуту, наполняя рот кисловатой горечью. Потом положил трубку обратно в карман, вытер губы платком в синюю клеточку.

Барышня терпеливо ждала, без всякого интереса наблюдая за манипуляциями «старейшего».

А старейший протяжно вздохнул, озирая зал выцветшими глазами, пожевал губами (зубы у него были совершенно новые и очень качественные, но ведь все старики испокон веку имели привычку жевать губами!), улыбнулся в ответ на терпеливый взгляд Лиджин Доусон.

— Устал я, дочка, — сказал он. И опять улыбнулся, словно извиняясь: «Прошу прощения, что досаждаю тебе своими личными проблемами».

— Могу предложить вам капсулу ревиталона, — отозвалась барышня. — Совершенно бесплатно. Вы также можете получить консультацию нашего электронного доктора, если пройдетесь...

— И от таблеток устал, — покачал головой старик. — И от докторов. Особенно — от электронных.

— Мне очень жаль, сэр, — произнесла Лиджин Доусон, подмиксовав в голос участия. — В таком случае я могла бы...

— Умереть я хочу, — не дослушал ее Бекхайм.

Она не поняла, выжидающе уставилась на него.

— И чем скорее, тем лучше, — добавил он.

Девушка поводила пальцем по экрану терминала, стоявшего на столе перед ней, что-то почитала, о чем-то поразмыслила.

— Ресурс ваших жизненных сил составляет, по последним исследованиям, от сорока семи до пятидесяти лет, сэр. Другими словами, вы очень молоды и вам еще жить да жить.

— Жить да жить, — повторил Бекхайм и снова пожевал губами. — Жить да жить... Пятьдесят лет — это же пропасть времени, а!

— Среднестатистическая продолжительность жизни современного живого человека, сэр, составляет...

— Живого! — перебил он. — Ты сказала «живого»! А какова продолжительность жизни мертвого?

— Я сказала так, ориентируясь на привычный вам лексикон. Я имела в виду, сэр, человека как чистый биологический вид, — терпеливо пояснила девушка, нисколько не смутившись. — В отличие от представительей расы наномодулированных биоморфных гомо...

— Да ладно, дочка, я понял, не надо! — замахал он руками. — Просто лопочу по-стариковски, что в голову придет. Старость болтлива. А от всех этих био-нано у меня в ушах звенит.

— Да, сэр, — согласилась Лиджин Доусон.

Он снова достал свою трубку, сжал ее зубами-имплантатами, пососал задумчиво и, казалось, готов был задремать. Кресло, почувствовав желание расслабиться, чуть изменило форму, подстраиваясь под положение тела. Бекхайм недоверчиво оглянулся на спинку, едва не выронив изо рта тяжелую трубку, покряхтел, пряча ее обратно в карман.

— Я за тем и пришел, дочка, — сказал он.

— Простите, сэр? — не поняла она. — За чем — за тем?

— А я не сказал? — удивился он. — Умереть хочу.

— Простите, сэр, но... — Барышня, кажется, смешалась и не знала, что думать и говорить. Может быть, она настоящая все-таки? — Простите, но... Я не понимаю.

— Да ты не тушуйся, дочка, — успокоил Бекхайм и даже руку протянул, чтобы погладить ее по голове, но рука уперлась в невидимую преграду — будто воздух сгустился до степени резинового мячика, так что пальцы при всем усилии не могли погрузиться в него больше чем на сантиметр.

— Прошу прощения, сэр, — сказала Лиджин Доусон. — В целях безопасности персонала у нас работают нанофактураторы.

— Нано... фрато... — попытался выговорить он вслед за ней, но только вздохнул и безнадежно махнул рукой. — Ладно, пусть работают: оно, может, и правильно.

Девушка помолчала с минуту, глядя на усталое лицо старика и пытаясь проникнуть за мутную блеклость его слезящихся глаз, будто хотела прочесть мысли, рассмотреть в сети морщин его чувства.

— Нано... — ворчал Бекхайм. — Нано... Как вы жить-то дальше думаете, молодежь!.. Слов одних новых насочиняли сколько — никакой памяти не хватит... А от людей прячетесь. Нанофартеры?.. Не-ет, помирать надо...

Она терпеливо ждала. Чип NICS-18 работал сейчас в режиме пассивного контроля. Легкое ослабление внимания и сосредоточенности доставляло удовольствие. В такие мгновения энергетическая матрица чипа быстро наполнялась, давая ощущение прилива сил.

Лиджин Доусон установила этот чип совсем недавно. Она потратила на него хорошие деньги, но оно того стоило. Не самая дорогая и продвинутая модель, конечно, но на NICS-22 или лучше на тридцатую серию она еще заработает. Апгрейд сделать никогда не поздно.

— Так вот, дочка, — оживился старик, — я зачем пришел-то... Увидел я по телику вашу рекламу...

— По телику? — воспользовалась она паузой.

— Ну, по этому... Как вы его называете, дай бог памяти...

— Поняла, сэр, — кивнула Лиджин.

— Ага. Ну вот... Там еще дельфина показывали, этого, как его... Элвис, да. Такой хороший дельфинчик получился из кого-то! Я прям слезу пустил по-стариковски, хе-хе... Ох, старость!.. Лет сто тому я таким жалостливым не был. Да что там говорить, сто лет тому назад я и представить не мог, что... Сто лет... Сто! Ты вслушайся, дочка — сто! Страсть господня.

Лиджин Доусон терпеливо ожидала. Впрочем, определение «терпеливо» здесь не очень подходит. Она ожидала — с наслаждением. В состоянии покоя ячейки энергетической матрицы стремительно заполнялись; параэндорфины поступали в обработку непрерывным

потоком, принося ощущение бодрости, готовности, уверенности в своих силах. Приятно покалывало в кончиках пальцев, росла острота ощущений, поступающих от органов чувств, — она даже слышала, как тикают старинные часы на запястье у Бекхайма. Лиджин Доусон почти не отрицала этого жалкого старика при всей его без малого полуторавековой дряхлости, бесполезности.

А Бекхайм, покачал головой, поцокал языком, опять достал свою древнюю трубку и сунул мундштук в рот. Ничто не давало ему такого ощущения полноценности жизни, как привычный вкус табачного перегара на языке.

Когда ему расчистили и огородили небольшой участок земли на окраине, за бывшей Хайлэнд-сквер, первое, что он сделал, — посадил табак и розы. Большая часть семян табака не взошла за давностью лет, но некоторые прижились. А вот розы, которые так любила Ханна, — не поднялись. Ни одна. Не захотели жить в этой земле, на этом воздухе, в этом чокнутом нано-фрато-комби-мире, где они давно никому не нужны. Зачем кто-то станет мучиться с живыми розами, если их можно смоделировать, скомпилировать, распечатать. Уж не сложнее, чем человека-то.

На участке, за домом, он «посеял» и саму Ханну: закопал прах из урны, поставил оградку. Эти предлагали ему заказать бесплатный памятник, в любом дизайне, из полифлекса, но он почти полгода прождал, пока из России ему доставят пакет соснового бруса. Денег и времени ушла уйма, зато теперь на могиле Ханны стоял самый настоящий деревянный крест.

— Да-а, — вздохнул Бекхайм, отправляя трубку на место, в карман. — Так вот я и говорю, дочка, посмотрел я на вашего этого... Элвиса, да... и думаю себе: и от пустой забавы можно получить толк, если правильно подойти.

Лиджин Доусон кивнула, чуть улыбнулась, добавила во взгляд внимательности и готовности. Матрица была почти полна, так что можно расходовать эмоции, не жалея.

— В общем, дочка, чтобы долго не ходить вокруг да около, пожил я, слава богу, пора и честь знать.

— Другими словами, сэр, вы хотите заключить с концерном «Пелмакс Лайф Энерджи» контракт на рекомбинацию наноструктуры с последующей интравитацией в иную, заранее оговоренную, структуру.

— А? — Бекхайм открыл рот, приподнялся, щурясь на собеседницу. — Чего говоришь, дочка?

Спинка кресла немедленно трансформировалась под новое положение тела. Возможно, это тоже была до недавнего времени иная наноструктура, которая после рекомбинации стала креслом — заботливым и услужливым. Ведь кем только не мечтает стать человек, когда ему невыносимо тяжело или невозможно оставаться самим собой. И это ладно, если дельфином. Но кому-нибудь могла же прийти в голову и мысль стать офисным креслом...

— Вы хотите стать кем-то или чем-то другим, сэр? — Лиджин Доусон постаралась подобрать понятные старику слова. — Продолжить бытие в новом качестве. Так?

— Да, — закивал он. — В точку. Не дельфином, конечно, как ваш этот... как его... Ага, ага, Элвис Рош, ну и ладно. Он теперь дельфин Элвис, хе-хе. Вряд ли кто называет животинку по фамилии, хотя, думаю...

— Это был его выбор, сэр, — мягко оборвала девушку. — Каким бы он ни был, к нему следует относиться с уважением и пониманием.



ФАНТАСТИКА

— Так это... — смущенно крякнул старик, — я и отношусь. Потому и пришел к вам.

— Вы в самом деле решили рекомби... стать другим?

— Решил, — кивнул Бекхайм.

— Но вы должны понимать, сэр, что обратной дороги не будет. Повторная рекомбинация невозможна, — предупредила Лиджин, как предупреждала всех входящих в этот офис. — Например, вы хотите стать аквариумной рыбкой? Странноватое желание, конечно, но — пожалуйста. Только вы должны помнить, что обратная рекомбинация... Итак, вы определились с новой структурой?.. Вы хотите стать электромобилем? Компьютером? Унитазом? Пожалуйста. Пожалуйста. Пожалуйста. Все это очень полезные и необходимые вещи, ваш выбор понятен. Но вы должны создавать, что обратной дороги не будет.

— А она мне нужна? — дернул подбородком Бекхайм. — Не нужна она мне, обратная дорога.

— Даже не знаю, сэр. Вы — старейший житель Земли, и, наверное, я... я не могу самостоятельно принять решение в вашем случае. Я всего лишь сотрудник третьего уровня сложности.

— Сложности, — повторил старейший, снова вытаскивая из кармана трубку. — Ага... Но дело-то несложное, а?

— Полагаю, в вашем случае оно выше уровня моей компетенции.

— А-а... — Бекхайм покивал, пососал трубку, мучаясь желанием раскурить ее немедленно. Поморщился, сунул обратно в карман. — И как же нам быть?

— Понимаете, сэр, жизненный ресурс у вас еще довольно велик, вы формально здоровы, и главное — вы особый человек, старейший житель планеты. Конечно, ваша воля — это ваша воля, и никто не имеет права препятствовать ее исполнению, если исполнение не задевает ничьих интересов. Но... А если не секрет, зачем вам это?

Старый Бекхайм поёрзал) в кресле, заставив его трансформироваться в режиме реального времени, умноженного на два. Задумчиво потерев усталые глаза, покряхтел и сказал:

— Зачем... Знаешь, дочка, лет этак после ста я начал замечать, что... В общем, наступили такие времена, когда жизнь моя между днями рождения стала отличаться только цифрами. Скверные времена, надо сказать. А еще жизнь нынче такая... такая неживая, что ли. Не моя жизнь. Не привык я к такой, понимаешь. И по Ханне тоска берет. Уж любил я ее, что там!.. Да и привычка за пятьдесят-то лет... Вот, чем дольше живу, тем больше тоска... Пора мне, дочка. Спасибо, конечно, вам, что век мне растя-

нули, но — пора. Устал я быть самым старым жителем Земли. И земли-то нет — везде этот ваш фолиблеск.

— Полифлекс, — поправила оператор.

— Ну, я и говорю, — кивнул старик.

— Ханна — это ваша жена, — заглянула Лиджин Доусон в монитор. — Перестала функционировать пятьдесят девять лет назад.

— Перестала, ага. В девяносто втором и померла. А ты откуда знаешь? А, ну да, вы же сейчас всё про всех знаете... Всего год не дождала до вашего этого, как его... научного рывка прогресса.

— И какой вариант рекомбинации вас устроил бы, мистер Бекхайм? Не дельфин — понятно. Ну а в каком качестве вы хотели бы продолжить?

Старик оживился. Глаза его заблестели. Неизменная трубка была снова вынута из кармана и отправлена в рот.

— Понимаешь, дочка, я вот думал, думал. А потом меня как стукнуло. Как Элвиса этого вашего увидел, так и... Ханна моя очень розы любила. Больше, чем меня даже, наверно, хе-хе... Уж так их обожала! Она все наказывала мне, чтобы на могиле у нее розы росли. А какие тут розы, когда и могилы-то не было до недавнего времени. Четыре года назад я ее похоронил по-человечески, как землю мне дали. А розы мои не прижились, вот такая беда, дочка. Померли семена. Им же лет-то было... больше, чем тебе, ага. Много больше.

— Да, сэр, понимаю. Но разве проблема купить розы?

— Да нет, ты не понимаешь. Я про розы говорю. Про настоящие, живые, которые в земле растут, а не эти нынешние... пластилиновые.

— Современные моделированные розы невозможно отличить от тех, что вы называете живыми, сэр.

— Это ты так думаешь, дочка. Потому что живых-то не видела сроду. А уж Ханна моя отличила бы и без очков, будь спокойна.

— Ну хорошо, — кивнула Лиджин Доусон. — Итак, мы говорили о том, в какой структуре вы хотели бы продолжить жизнь.

— Говорили? — недоуменно отозвался Бекхайм. — Так и говорим же. Я тебе про что и толкую, золотко.

— Я пока не поняла, сэр, простите.

Бекхайм пожевал губами, вытер слезящиеся глаза ветхим платочком, прищурился на Лиджин.

— Очень моя Ханна розы любила, — сказал он.

— Да, сэр.

— Наказывала мне, чтобы на могиле у нее всегда росли, ее любимые, бордовые... Вот я и хочу, чтобы вы из меня розу сделали. Чтобы на могилу ей... Я и семена принес.

Чип NICS-18, согласно рекламе, крайне стабилен, надежен, обладает широким диапазоном поддающихся обработке прерываний. Однако разрабатывали его уже не те люди — не сыны бекхаймов, есениных, эйнштейнов или юнгов. Отвыкнув быть обычными людьми, без приставок «нано» и «био», они разучились воспринимать и понимать несинтезированные эмоции.

Лиджин Доусон замерла. Чип NICS-18 пытался обслужить незнакомую цепочку прерываний, поступивших от модуля обработки эмоциональных реакций. Это была не самая совершенная модель наночипа, уровень ее интеллекта отнюдь не зашкаливал, поэтому Лиджин, что называется, зависла.

Наконец, не справившись с ситуацией, чип включил блокиратор эмоциональной перегрузки. Сгенерирован-

ный код реакции был обработан, а результат обработки проступил на глазах Лиджин прозрачными слезинками, которые быстро скатились по щекам и истаяли, впитавшись обратно в кожные покровы. Матрица выдала мощный разряд энергии, опустев сразу на восемьдесят процентов. Потом бешеный поток битов, байтов и мегабайтов эмоций дал обратную реакцию — всплеск энергии небывалой силы, от которого матрица едва не взорвалась и готова была передать супервайзеру запрос на перезагрузку.

— Сэр... — выдавила Лиджин Доусон после почти двухминутной прострации.

Бекхайм с готовностью кивнул, повернувшись к ней правым ухом, которое слышало чуть лучше. Оператор молчала.

— Чего говоришь, дочка? — произнес он, всматриваясь в ее лицо.

— Сэр... — повторила девушка неестественно глухим голосом.

— Ага, — снова кивнул он. — Ты погромче, золотко, я на ухо совсем что-то тугой стал... Барабанка окостенела, видать, за полтора века-то.

— Мистер Бекхайм...

Лиджин Доусон закрыла глаза. Матрица таки не справилась с наплывом эмоций и вызвала сброс и перезагрузку психической подсистемы. Перезагрузка заняла не более тридцати секунд, так что старик не успел начать волноваться.

— Мистер Бекхайм, — отчеканила Лиджин Доусон, открыв глаза, — как я уже говорила, решение конкретно вашей проблемы находится вне пределов моей компетенции. Я передам ваш запрос на рекомбинацию по инстанции. Не далее как через сутки вы будете извещены о коллегиальном решении по вашему заявлению. Извещение поступит на вашу домашнюю электронную почту, пожалуйста, не забудьте проверить ее.

— Ага, — кивнул Бекхайм, щурясь. Рука его от волнения снова потянулась к карману, где лежала трубка. — А пока, значит, никак?

— Увы, сэр. Но вам нужно подождать всего два-три дня.

— Хорошо, дочка, я понимаю. Ну, три дня-то я как-нибудь вытерплю, коли не помру.

— Если вам нужна медицинская помощь, вы можете прямо сейчас, бесплатно, воспользоваться услугами нашего электронного...

— Нет-нет, дочка, спасибо! — замахал руками Бекхайм.

— Не надо ничего, моя хорошая, ты не беспокойся, ага. Так, значит, можно идти, до завтра?

Рот старика наполнился слюной от предвкушения хорошей затяжки, которую он сделает, выйдя из этого храма рекомбинации.

— Безусловно, сэр. Всего хорошего! И спасибо что решили воспользоваться услугами концерна «Пелмакс Лайф Энерджи».

— Ага, — произнес старейший житель Земли.

Поднявшись из кресла, которое немедленно вернулось в панель, Бекхайм приостановился, нерешительно наклонился к оператору.

— Сэр? — с готовностью произнесла она.

— Дочка, а ты не могла бы убрать этот ваш... фратер, или как там его? Ты не бойся, — добавил он поспешно, — я кусать тебя не стану. И щипать тоже — стар я уже.

Лиджин Доусон неуверенно пожала плечами.

— Вообще-то у нас не принято... — начала она, но, взглянув в лицо старика, кивнула и нажала кнопку отключения фактуратора. Загорелся красный индикатор на пульте; вежливый и прекрасно модулированный женский голос произнес: «Запрос на отключение нанофактуратора. Подтвердите запрос. У вас пять секунд».

Легким прикосновением пальца к экрану она подтвердила. Впросительно взглянула на Бекхайма.

— Всё? — произнес тот, недоверчиво оглядывая стойку перед собой.

— Всё, сэр, — подтвердила она.

Бекхайм робко вытянул руку, боясь снова наткнуться на эту невидимую стену, отделявшую его от другого человека. Не почувствовав препятствия, рука двинулась вперед уже более уверенно. Сморщенная, пожелтевшая и иссохшая от времени, подрагивающая ладонь осторожно легла на гладко зачесанные волосы Лиджин Доусон. Рука замерла на мгновение, а потом сделала небольшое движение вдоль головы к затылку, туда, где в тугий пучок были собраны густые и красивые каштановые волосы из плексоволокна — совершенно неотличимые от обычных на ощупь. Там рука снова замерла на миг, а потом вернулась ко лбу, чтобы погладить еще раз.

Сэмюэл Бекхайм счастливо улыбнулся давно забытому ощущению — возможности просто так подарить кому-то немного отеческой ласки.

По коже Лиджин Доусон пробежала стайка мурашек — от затылка вниз, к копчику. Она передернула плечами, изумленно глядя вслед старейшему жителю планеты Земля, который шаркающей походкой направлялся к выходу.

Дверь перед ним растаяла, чтобы снова возникнуть через минуту.

Дом-музей Сэмюэла Бекхайма простоял на своем месте, на окраине, за бывшей Хайлэнд-сквер, еще восемнадцать



ФАНТАСТИКА

лет, пока не попал под бульдозерный отвал генерального плана застройки. Как ни странно, но музей был довольно популярен среди представителей не только меньшинства — традиционных немодифицированных людей, — но и среди наномодулированных биоморфных гомогенных организмов, или, как их принято называть, — нанолюдией будущего. Причиной популярности стали розы — самые настоящие, живые бордовые розы, несколько кустов которых всегда росли вокруг непонятого деревянного покосившегося креста, стоявшего в небольшом загончике за домом.

Во время застройки дом и крест вместе с розами аккуратно перенесли на новое место, за индустриальный район. О прахе Ханны Бекхайм никто, кроме роз, не знал и не помнил, поэтому землю с захоронения, разумеется, не переносили, а традиционно покрыли ее полифлексом.

Розы на новом месте почему-то не прижились и погибли за несколько дней. К счастью, их черенки к тому времени уже ходили по рукам, поэтому во многих оранжереях, посреди самых разных моделированных растений, всегда можно было увидеть их бордовые бутоны. Со временем от них получили новый сорт, несколько, правда, невзрачный, но все же это были живые розы.

А сорт-прародитель так и называют до сих пор — роза Бекхайма.



Московский Дом Книги
СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Николай Мушкambarов

Путь вверх к подножию вершин:
автобиографические заметки
Медицинское
информационное агентство,
2013

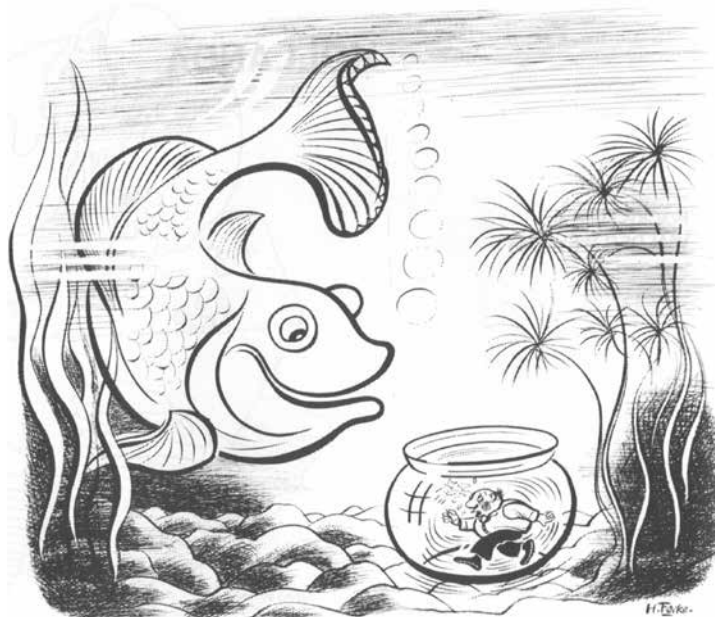
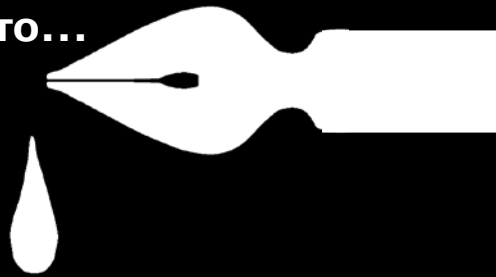


Автор — доктор биологических наук, профессор, имеет два образования: медицинское и физическое. Это третье литературное произведение автора рассказывает о первых 23 годах его жизни.

Фрэнсис Эшкрофт
На грани возможного:
наука выживания
Альпина нон-фикшн,
2012



Если раньше экстремальные ситуации были редкостью, то теперь экстримом увлекаются миллионы. Но многие ли знают, как физиологические механизмы обеспечивают функционирование живого организма в самых суровых условиях — в жаре и в холоде, на высоте и в морских глубинах? Все это автор испытал лично.



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Ужас балтийских вод

«Пирания!» — сказали датские рыбаки, рассматривая улов Эйнара Линдгрена, который 4 августа 2013 года рыбачил в проливе Орезунд, разделяющем Данию и Швецию. Среди угрей и окуней лежала краснотелая рыба длиной около двадцати сантиметров, с пастью, полной длинных и острых зубов. Слухи о балтийских пираниях разлетелись быстро, и желающих купаться у берегов Дании поубавилось.

Когда рыбаки привезли добычу в датский Музей естественной истории при Копенгагенском университете, ихтиолог Петер Раск Мёллер порекомендовал всем успокоиться: это не пирания, а ее растительная родственница паку, она не станет обгладывать купальщиков до косточек (агентство AlphaGalileo, 12 августа 2013 года).

Откуда же могла взяться в балтийских водах тропическая рыба? Ведь паку родом из той же Амазонии, что и пирания. Сначала под подозрение попали рыбоводческие фермы и аквариумы. Действительно, паку разводят в садках, где они вырастают до четверти центнера и откуда время от времени уплывают на волю. В США и многих странах Азии ее уже знают как неприятного вселенца. Но в балтийских водах для паку слишком холодно. Трудно также предположить, что кто-то специально вылил в море многолитровый аквариум. Правда, на берегу Орезунда только что открыли большой океанариум «Голубая планета», однако тамошние специалисты заверили, что их рыбы гораздо крупнее, да и вообще система фильтрации воды, сбрасываемой в море, ни большую, ни маленькую рыбу не пропустит.

Впрочем, это не первый случай поимки паку в бассейне Балтийского моря: в 2002 году поляки выловили ее в районе тепловой электростанции, стоящей на Одере. Одер же впадает в море неподалеку от Орезунда. Как знать, может быть, тропическая рыба прижилась в этом теплом оазисе и начала давать потомство, подобно гуппи в Москве-реке? Вопрос остался открытым, видимо, до следующего случая, а пока что биологи изучают геном пойманной рыбы, чтобы выяснить ее происхождение: разновидностей паку много, в садках они дают гибриды, и можно попытаться узнать, кому сродни орезундская паку.

Разобраться в этом вопросе необходимо ради безопасности некоторой части купальщиков. Растительная паку любит орешки и может спутать с ними мужские репродуктивные органы. Зубы у нее не такие острые, как у пирании, однако в Новой Гвинее, куда тоже завезли паку, печальные прецеденты были.

С.Анофелес

...за 2000—2010 годы количество школ в России сократилось на 26%, число больничных коек — на 20% («Известия РАН. Серия географическая», 2013, 3, 26—38)...

...новые находки показывают, что, возможно, кроманьонцы позаимствовали у неандертальцев орудия для обработки шкур, а не наоборот («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 35, 14186—14190)...

...создано стекло для «умного окна», которое сможет полностью затемняться или блокировать только ближнее инфракрасное излучение, оставаясь прозрачным («Nature», 2013, 500, 7462, 278—279, 323—326)...

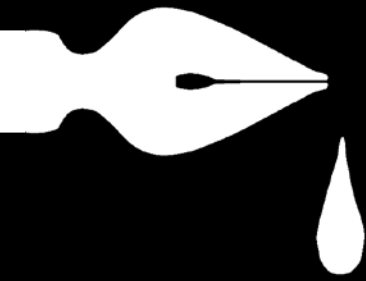
...быстрота и пластичность выполнения креативных задач и скорость обратного счета максимальны на лютеиновой фазе менструального цикла; оригинальность их решения от фазы цикла не зависит («Российский физиологический журнал», 2013, 99, 7, 820—827)...

...испытываемые в психологических экспериментах демонстрировали более строгие нравственные требования и более альтруистическое поведение, если их побуждали в это время думать о науке, например предъявляя им слова «логический», «гипотеза», «теория», «ученые», «лаборатория» (PLoS ONE, 2013, 8(3): e57989. doi:10.1371/journal.pone.0057989)...

...эластичность кожи постепенно начинает снижаться после пяти первых лет жизни человека и к 90 годам уменьшается в среднем на 30%, при этом ее растяжимость остается неизменной до 70 лет — меняется лишь способность вернуться в исходное состояние после деформации («Успехи физиологических наук», 2013, 44, 3, 85—92)...

...жидкокристаллические системы эфиров холестерина позволяют лекарственным средствам эффективно проникать в кожу без инъекций («Химико-фармацевтический журнал», 2013, 47, 7, 52—55)...

...по оценке независимых западных экспертов, более чем в 80% случаев результаты разведывательной деятельности — это промышленный, а не военный или политический шпионаж («Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность», 2013, 8, 47—59)...



...в ответ на кибератаку — воздействие на компьютеры противника в отсутствие реальных боевых действий — невозможно применение пятой статьи вашингтонского договора НАТО о коллективной безопасности, иначе говоря, кибервойна не считается войной («Вестник РАН», 2013, 83, 7, 616—625)...

...вопреки устоявшемуся мнению, собаки — не дальтоники, они различают синий и желтый цвета («Proceedings of the Royal Society B», 2013, 280, 1766, 20131356, doi:10.1098/rspb.2013.1356)...

...из-за увеличения среднемесячных мартовских температур, их раннего перехода через ноль, раннему таянию снега и смещению мест зимовки в более северные районы серые журавли прилетают на север Московской области уже в марте, а не в апреле («Зоологический журнал», 2013, 92, 7, 834—840)...

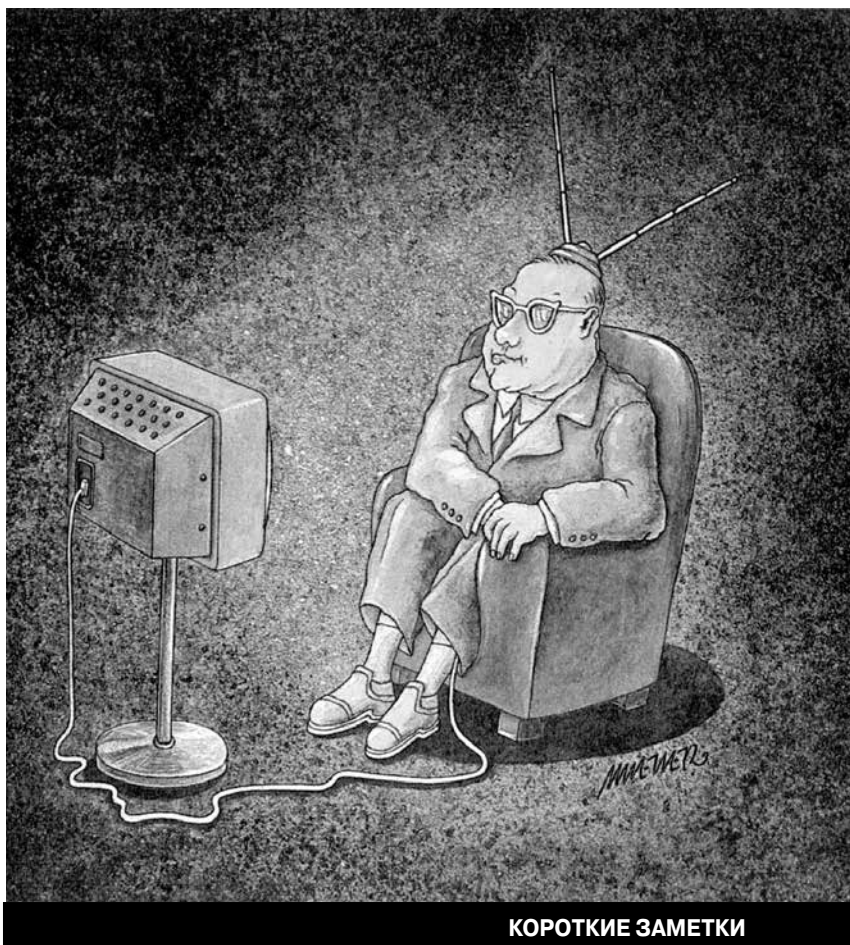
...у всех растений электрический потенциал по сравнению с почвой отрицательный, чем больше влажность почвы, тем он меньше, и только у одуванчика наблюдается обратная зависимость («Почвоведение», 2013, 7, 813—821)...

...в Подмоскowie даже на практически полностью вытоптаных площадках на расстоянии до 15 м от кромки леса усилениями кротов появляются корневища лесных растений, которые начинают заселять эти территории («Лесоведение», 2013, 4, 52—56)...

...среди видов млекопитающих, возникших путем гибридизации, непропорционально, по сравнению с общим числом видов, много высших приматов («Журнал общей биологии», 2013, 74, 4, 253—267)...

...с помощью современных методов обработки видеосигнала удалось реконструировать фрагмент панорамы, полученной советским спускаемым аппаратом «Марс-3» в 1973 году; исследователям помогло предположение, что аппарат во время записи лежал на боку из-за сильного удара при посадке («Астрономический вестник», 2013, 47, 3, 198—200)...

...Россия занимает ведущее место в мире по площади посевов и валовому производству арбузов («Агрохимия», 2013, 6, 18—23)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Думы о телепортации

Когда Ийон Тихий волею Станислава Лема попал в хаотический метеоритный поток, его моментально восстановили с помощью дубликатора, поскольку заблаговременно сняли с прославленного путешественника всю необходимую информацию. А вот если бы оба устройства — и для снятия информации, и для дубликации — действительно существовали, нельзя ли было бы ими воспользоваться для телепортации человека на большие расстояния? Возможности этого решили оценить в рамках курсовой работы Джеймс Нелмс, Деклан Робертс, Сюзанна Томас и Дэвид Старки — четверокурсники Лестерского университета (агентство AlphaGalileo, 30 июля 2013 года). Их расчет был таков. Для воспроизведения человеческого тела надо передать его геном. Это примерно 10^{10} бит информации. Затем в тело нужно загрузить память и разум. Тут объем информации будет побольше: 10^{42} бит. Возможность построения системы связи на эффекте квантовой телепортации в космосе пока что не исследована, однако на Земле таким способом передают информацию со скоростью примерно 30 ГГц. Тогда передача 10^{42} бит займет ни много ни мало 10^{15} лет, то есть в миллион раз больше времени, чем существует Вселенная. Процесс можно несколько ускорить, но это потребует и больше энергии. В общем, для телепортации человека нужно идти другим путем, например создавая гиперпространственный переход.

Эта статья была напечатана в ежегоднике «University of Leicester's Journal of Physics Special Topics», где публикуются и другие похожие работы студентов-четверокурсников. Научные руководители считают, что, решая странные задачи, студенты обучаются думать нестандартно и в дальнейшей научной работе им будет проще отказать от готовых рецептов.

А. Мотыляев



От прожженных штанов к сахарину

В России с именем замечательного американского химика и педагога Айры Ремсена (1846—1927) связаны две несправедливости. На сотнях русскоязычных сайтов можно прочитать: «Айра Ремсен — женщина-химик, участвовала в получении сахарина и даже написала книгу — пособие для химиков по работе и получению консерваторов». Умиляют и неведомые «консерваторы», и слово «даже», а главное — то, что авторы путают мужское имя Айра (Ira) с женским Айрин (Irene) и лентяят найти его фото — с мощными бакенбардами! Вторая несправедливость посерьезнее.

Американский химик Айра Ремсен получил всемирную известность уже при жизни. Свидетельство тому — статья о нем в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона (правда, фамилия химика написана там «по-немецки»: Ремзен). Он родился в Нью-Йорке, в семье выходцев из Голландии. Отец хотел, чтобы сын пошел по медицинской части, и определил его учеником к знакомому врачу-гомеопату, который преподавал химию в медицинском колледже. Тот дал мальчику учебник химии и сказал: «Читай!» Ремсен рассказывает: «В учебнике химии я прочитал, что азотная кислота воздействует на медь. Это утверждение показало мне совершенно нелепым: что значит “вещество воздействует”? С медью я уже был немного знаком, потому что в ходу были медные центы. А в кабинете доктора, у которого я тогда «отбывал срок», была склянка с надписью “Азотная кислота”. Я не знал особенностей этой жидкости, и мне не терпелось поскорее это узнать: в те годы я жаждал приключений. Имея медь и азотную кислоту, я решил выяснить, что же на самом деле означает слово “воздействовать”. Ради этого я был готов пожертвовать одной из нескольких медных монеток, которые у меня тогда были. Я положил монету на стол, открыл бутылку с азотной кислотой, вылил немного жидкости на монету и приготовился наблюдать за происходящим. Ожидания меня не обманули: зрелище было замечательным! Изменения были налицо, причем изменения разительные. Жидкость позеленела, стала пениться и дымиться. Я попытался собрать всю эту гадость и выкинуть ее в окно, которое перед этим открыл. И тут я узнал еще одну вещь: азотная кислота воздействует не только на медь, но и на пальцы. Боль заставила меня произвести еще одно необдуманное действие: я вытер пальцы о штаны и тут же узнал следующий факт — азотная кислота воздействует также на штаны».

В 1867 году Ремсен окончил Колледж врачей и хирургов при Колумбийском университете, получив степень магистра. Но его влекла химия, а в те времена законодателем моды в химии была Германия. В 1870 году, работая в Гёттингене под руководством Фиттига, Ремсен опубликовал диссертацию «Исследование строения пипериновой кислоты» и в 24 года получил докторскую степень. В 1875 году он вернулся в США, стал профессором химии — сначала в колледже Уильямса, затем в университете Джонса Хопкинса, где основал отделение химии и возглавил химическую лабораторию. В 1907—1913 годах Ремсен был президентом Национальной академии наук США.

В этом же университете, изучая химию каменноугольного дегтя, Ремсен совершил большое открытие, причем случайно. На российских, немецких и американских сайтах можно найти разные, противоречащие друг другу версии этой истории. Согласно одной, Ремсен, обедая дома после целого дня работы в лаборатории, почувствовал, что булочки имеют необычный сладкий вкус, который потом переходит в горьковатый. Его жена не заметила ничего необычного, и тогда Ремсен догадался, что виновато какое-то вещество, оставшееся на его пальцах. На другой день, осторожно перепробовав в лаборатории вещества, с которыми он работал накануне, Ремсен понял, что вкус вызывает какой-то продукт окисления орто-толуолсульфонамида $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$.

Однако сотрудник Ремсена (сейчас его бы назвали постдоком) Константин Фальберг утверждал, что именно он обнаружил чрезвычайно сладкий вкус вещества, не вымыв как следует руки после работы в лаборатории. Несколько слов о Фальберге, поскольку сведений о нем на рус-

А.В.ЧЕРНОВУ, Уфа: *Нитриловые резиновые перчатки сделаны из бутадиен-нитрилового каучука (или облиты им) и обладают маслобензостойкостью, то есть хорошо подходят для технических работ; мономеры его действительно содержат CN-группу, но ничего страшного в этом нет.*

Л.Л.КАПУСТИНОЙ, Москва: *«Домашних» и безвредных для здоровья методов очистки питьевой воды от солей железа, кроме кипячения, мы посоветовать не можем; если желтоватый оттенок остается и после кипячения, подбирайте хорошие фильтры.*

Ивану СЕМЕНОВУ, электронная почта: *Хемилюминесцентные источники света (ХИС), дающие ровный свет до 12 часов, не боящиеся воды и не зависящие от источников питания, — давно не фантастика; они входят в армейское снаряжение, но есть варианты и для гражданских лиц.*

С.К.ЛЫТКИНУ, Новосибирск: *Эстрагон, он же тархун, по латыни называется Artemisia dracunculus — «полюнь дракончикова», предположительно из-за формы листьев, напоминающих языки рептилий; интересно, что по-исландски тархун fafnisgras — «трава Фафнира».*

М.Д.БУТКО, Череповец: *Пищевую сорбиновую кислоту можно купить через Интернет в расфасовке от одного килограмма; как консерватор ее можно добавлять в самодельное варенье для диабетика, однако не более 0,5—1 грамма на килограмм продукта.*

О.Н.ЕВСЕИЧЕВУ, Санкт-Петербург: *Желчные кислоты — эмульгатор, они превращают жиры в эмульсию и тем самым способствуют их перевариванию, поэтому бычью желчь добавляют в экологически чистое мыло для выведения пятен.*

С.В.СТРЕЛЬБИЦКОЙ, Ульяновск: *Черные абрикосы, или плуоты — гибриды сливы и абрикоса, более похожие на сливу; вообще, гибридов между этими видами много, и плоды их весьма разнообразны.*

ПИСАТЕЛЯМ-ФАНТАСТАМ: *Еще раз с сожалением повторяем, что не рассматриваем рассказы новых авторов вне конкурса; мы бы и сами хотели быть большим издательством фантастической литературы, но пока что два рассказа в номер — наш предел.*



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

ском языке практически нет. Он родился в Тамбове в 1850 году, в семье выходца из Лифляндии Иеронима Фальберга и Варвары Трофимовой. Учился в Дерпте, затем в политехническом училище в Москве. В 1870 году продолжил образование в Берлине, Висбадене и Лейпциге. В 1874 году поехал в Британскую Гвиану (ныне Гайана) изучать производство сахара из тростника. Некоторое время работал в университете Джонса Хопкинса под руководством Ремсена, когда и был открыт сахарин.

Чтобы дознаться, как было дело, нужно посмотреть первые научные публикации о сахарине. Первая статья Ремсена и Фальберга под названием «Über die Oxudation des Orthotoluolsulfamid» («Об окислении орто-толуолсульфамида») была опубликована в 1879 году в знаменитом журнале «Berichte» — «Известиях Немецкого химического общества». Статья поступила в редакцию 27 февраля, фамилии авторов стояли в алфавитном порядке: C. Fahlberg und Ira Remsen. В 1880 году статья с тем же названием, но на английском, была опубликована в «American Chemical Journal». (Его основал сам Ремсен в 1879 году и редактировал в течение 35 лет, после чего журнал слился со знаменитым и по сей день «Journal of the American Chemical Society».) В этой статье первой стоит фамилия Ремсена. Других совместных публикаций у Ремсена и Фальберга нет.

Ни в той, ни в другой статье не говорится, кто обнаружил сладкий вкус вещества. В любом случае приоритет этим не определяется — каждый из соавторов, если нет специальных оговорок, имеет равные права на содержание статьи. Что же можно прочитать в этих двух публикациях? Немецкая статья просто констатирует, что новое вещество «имеет приятный сладкий вкус, даже более сладкий, чем сахар». Однако уже первые фразы этой статьи ясно показывают, кто есть кто: «Не-

сколько лет назад (в сноске: в Liebig's Annalen der Chemie, том 178, 1875 г.) один из нас (Ремсен) описал попытку получить орто-сульфобензойную кислоту из орто-толуолсульфоукислоты. Для пара-производных реакция идет очень легко... тогда как с орто-производными окисление хромовой кислотой не дало результата». И далее цитируется предыдущая статья Ремсена в «Annalen»: «Возможно, более удовлетворительные результаты будут получены при использовании другого окислителя, например перманганата калия. Предварительный опыт со щелочным раствором перманганата показал, что окисление идет легко, и я вскоре приступлю к детальному изучению этой реакции». То есть уже в 1875 году Ремсен наметил дальнейший путь работы, который привел к сахарину.

А дальше было воровство, одно из первых в истории химии, и совершил его Фальберг. Сообразив, что этот рядовой синтез может иметь коммерческий успех, он запатентовал «сахарин Фальберга» (патенты США № 319082 и № 326281, 1885). В 1893 и 1896 году Фальберг взял еще два патента по синтезу сахарина и его очистке.

Ремсен же успел многое: с 1869 по 1923 год он опубликовал 160 статей (в 42-х он единственный автор). Великолепный педагог, он усовершенствовал систему химического образования в США. Его книга «The Principles of Theoretical Chemistry» выдержала с 1876 года 28 изданий и 15 переводов на иностранные языки. Книга «The Elements of Chemistry: A Text-Book for Beginners» была в 2011 году переиздана в США. На русском языке в 1896—1907 годы вышло несколько изданий книги Ремсена «Введение к изучению органической химии или химии углеродистых соединений».

И.А.Леенсон



Международная Программа Проверки Квалификации

IRTA®

Улучшение

Точность

Достоверность

Аккуратность

Каменный уголь

Лигнит

Кокс

Нефтяной кокс

Летучая зола

Зола

Биотопливо

Восстановленное

ТОПЛИВО

DCC Delta Coal Control GmbH

Brandstraße 8

D-45701 Herten, Germany

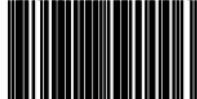
Tel.: +49 209 1658 9429

Fax: +49 209 1658 9431

info@dcc-germany.org

www.dcc-germany.org

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >