



К

9
2013

НЗЖ И РИМХ







Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег. № 014823

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 30.5.2013

Адрес редакции
105005 Москва, Лефортовский пер. 8
Телефон для справок:
8 (499) 267-54-18
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 Джона Эверетта Милле
«Приказ об освобождении». Жена шот-
ландского солдата, арестованного после
восстания якобитов, принесла приказ
сама, никому не доверяя. О том, кто
доставляет клеткам судьбоносные по-
слания, читайте в статье «Экзосомы:
бутылочная почта организма».*

*Вдохновение, когда оно приходит
ко мне, застаёт меня за работой.*

Пабло Пикассо

Содержание

Вещи и вещества

НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ. Р.А.Андриевский 2

Проблемы и методы науки

ЭКЗОСОМЫ — БУТЫЛОЧНАЯ ПОЧТА ОРГАНИЗМА. Д.Э.Джагаров 6

Образование

ЧЕМУ СТОИТ УЧИТЬСЯ? АМЕРИКАНСКИЙ ОПЫТ. В.М.Хуторецкий 12

Образование

ЛАВИНА ИДЕТ. Л.Стрельникова 18

Книги

«РАЗНИЦА МЕЖДУ ОТКРЫТИЕМ И ТВОРЕНИЕМ
В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ МАЛА»? Эрнст Петер Фишер 22

Биогенез

ПУТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА. М.А.Никитин 26

Научный комментатор

НАГЛЯДНАЯ АДАПТАЦИЯ. Н.Л.Резник 30

Дневник наблюдений

ЛЕЧЕБНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ. Н.Анина 34

Тематический поиск

ЗНАЕШЬ ЛИ ТЫ, ЧТО ЗНАЧИТ «КЛЕЩ»? 36

Научный комментатор

РАСКРЫТА ТАЙНА РЕДКОЙ ГРУППЫ КРОВИ. С.Фролова 38

Нанофантастика

КОММУНАЛЬНОЕ САФАРИ. Константин Климентьев 39

Земля и ее обитатели

АКУЛЫ — СТРАШНЫЕ И ОЧАРОВАТЕЛЬНЫЕ. Ольга Арнольд 40

Проблемы и методы науки

ЭЛЕКТРОСИЛА НАСЕКОМЫХ. А.Мотыляев 46

А почему бы и нет?

РАСТЕНИЯ В ПОЛЕ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ. Н.Н.Красиков 47

Земля и ее обитатели

НАЕДИНЕ С СОВОЙ. Е.Клещенко 50

Возвращаясь к напечатанному

МОЛЕКУЛЫ-СИМПЛЕКСЫ. М.Ю.Корнилов 52

Что мы едим

РЕВЕНЬ. Н.Ручкина 54

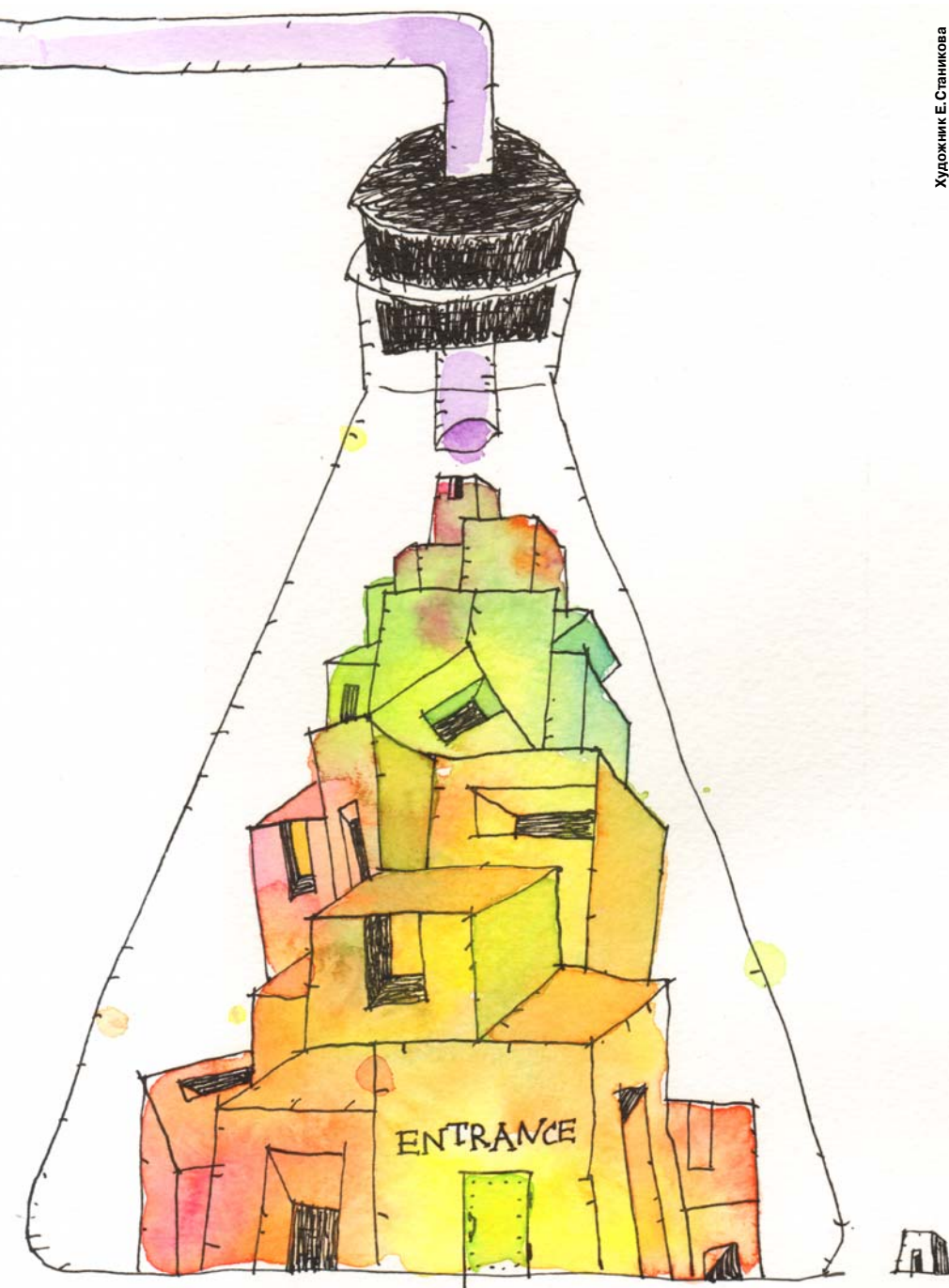
Фантастика

МИЛЫЕ И ПРОСТЫЕ. Денис Тихий 56

Прогулки по истории химии

ЖЕНЩИНЫ-ХИМИКИ: САМЫЕ ПЕРВЫЕ. И.А.Леенсон 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	10	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	24, 33, 51	ПИШУТ, ЧТО...	62
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	25	ПЕРЕПИСКА	64
КНИГИ	53		



Наноматериалы для экстремальных условий

Доктор
технических наук
Р.А. Андриевский

Информационное цунами

В американском журнале «Materials Research Society Bulletin» в 2005 году (30, 4, 260, doi: 10.1557/mrs2005.80) появились статья главного редактора Дэвида Иглисхема с интригующим заголовком «Век нано?» и вот такой интересный график (рис. 1), иллю-

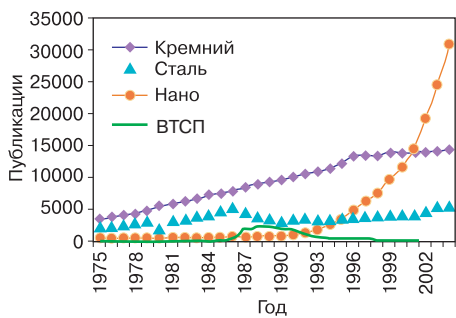
стрирующий темпы роста наноинформации. Если продолжить анализ публикаций, то зависимость, близкая к экспоненциальной, прослеживается и поныне (рис. 2). Ежедневно по нанопроблематике публикуется более 250 статей, фиксируемых в Science Citation Index (SCI), выходит одна или две монографии, проводится одна или две конференции (симпозиума, школы, встречи и тому подобное). А ведь еще есть статьи и другие публикации, не отражаемые в SCI, а также патенты и информация в Интернете.

Развитие нанотехнологий сопровождается стремительно растущим потоком новой информации. Это может говорить и о расширении применения нанотехнологий и наноматериалов, и об углублении изучения наноявлений. То, о чем будет рассказано далее, лежит на пересечении двух этих сегментов. А к проблеме информационной лавины мы еще вернемся.

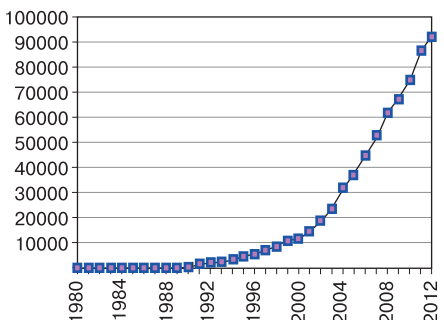
Стабильность наноструктур

Практически все наноматериалы, за исключением супрамолекулярных, весьма неравновесны. Причины: наличие поверхностей раздела — межзеренных и межфазных границ, их тройных стыков, а также остаточные напряжения, дефекты решетки, сегрегации, избыточные фазы. Поэтому термические, радиационные, деформационные, коррозионные и вообще любые воздействия на материал могут привести к всяческому перестройкам и изменениям. Тут и рекристаллизация, и релаксация напряжений, и гомогенизация состава. В результате может исчезнуть именно та наноструктура, которая создавала замечательные свойства материала. Поэтому вопрос о стабильности наноматериалов важен не только для теории и для понимания, «какие колесики внутри этих колесиков» (Ричард Фейнман), но и чисто экономически, утилитарно — чтобы знать, сколько это прослужит, когда оно сломается и сколько стоит за это платить.

Техника развивается в сторону экстремальных условий — высоких температур, мощной радиации, механических нагрузок, коррозионных сред. Именно для таких условий в первую очередь



1
Количество статей по разделам материаловедения (данные Science Citation Index, SCI)



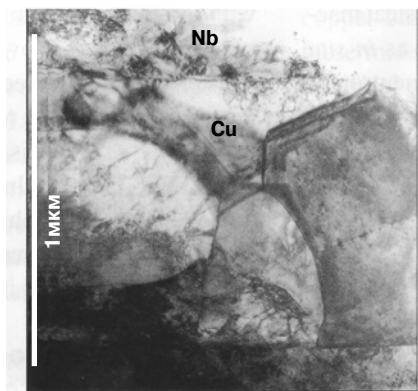
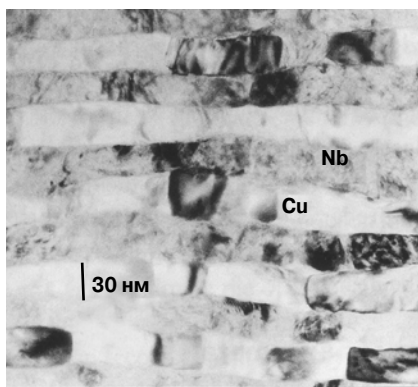
2
Количество статей по наноматериалам до 2013 года

разрабатывают новые материалы, в том числе неравновесные наноматериалы с их уникальными характеристиками. Но будут ли они стабильно работать в этих условиях?

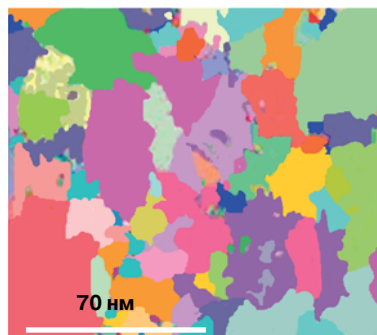
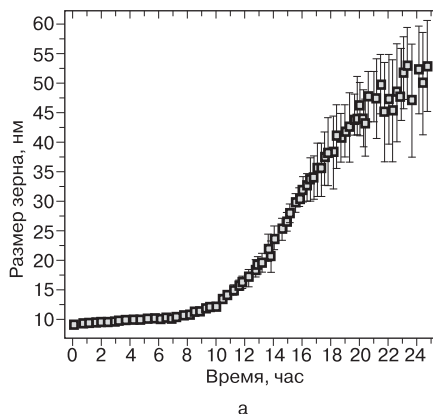
Пример влияния облучения

Границы зерен и их тройные стыки в наноматериалах тормозят движение дислокаций. Это увеличивает механическую прочность и влияет на диффузию. Однако границы раздела могут служить и стоками, то есть путями для выхода радиационных дефектов (вакансий и внедренных атомов — пар Френкеля) или их взаимной аннигиляции. Упомянутое обстоятельство по идее делает наноматериалы более толерантными к радиационному облучению по сравнению с их крупнокристаллическими аналогами. Около 20 лет назад это экспериментально показали ученые из ФРГ, облучая образцы Pd и ZrO₂ с различной величиной нанозерен высокоэнергетическими ионами Kr, полученными в ускорителе. С тех пор появилось немало работ, проведенных не только с использованием ускорителей, но и в реакторах, которые подтвердили значительную радиационную стойкость разнообразных металлов, сплавов и соединений — Ni, Cu, TiNi, SiC, TiN и других — в нанокристаллическом состоянии.

Особенно убедительные и наглядные результаты были получены в Лос-Аламосской национальной лаборатории



3
Поведение меди и ниобия в многослойных композитах с толщиной индивидуальных слоев 30 нм (вверху) и 1 мкм (внизу) после облучения ионами He с энергией 2 кэВ, при потоке ионов (флюэнсе) 10¹⁷ ионов/см² («MRS Bulletin», 2010, 35, 965)



4
Рост зерен и уменьшения микронапряжений в наноструктурном палладии при комнатной температуре, начальный размер зерна около 7 нм («Acta Materialia», 2008, 56, 4255; doi: 10.1016/j.actamat.2008.04.051)



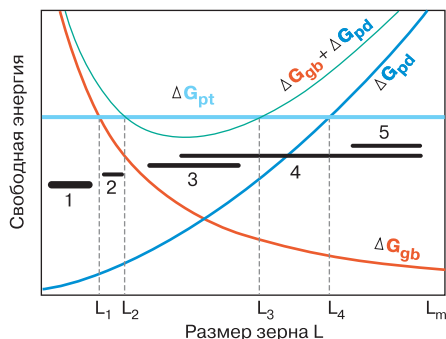
(США) при облучении многослойных композитов (их еще называют ламинатами) из чередующихся слоев Cu и V (или Nb). Изменяя толщину отдельных металлических слоев, можно проследить влияние количества поверхностей раздела на изменение твердости и распухания (свеллинга) при облучении. На электронно-микроскопических снимках (рис. 3) видна роль толщины индивидуальных слоев и, следовательно, количества поверхностей раздела, по которым могут отводиться радиационные дефекты. При слоях толщиной 30 нм зерна не вырастают больше 30 нм, а если материал сделан из слоев 2 мкм, зерна оказываются в десятки раз больше. В наноматериале ламинарный характер образцов и бездислокационная структура после облучения сохраняются и не пропадают, а при более толстых индивидуальных слоях наблюдается совсем иная картина.

У некоторых наноматериалов есть странное и неприятное свойство — аномальный рост зерен. На рис. 4 показана кинетика их роста в наноструктурном палладии при комнатной температуре (начальный размер зерна около 7 нм). После восьмичасовой выдержки наступает интенсивный аномальный рост зерен (вверху), а через два месяца мы видим обычную микроструктуру с размером зерен 20—40 мкм (внизу).

Наноматериалы, которые так себя ведут, могут найти лишь весьма ограниченное применение. Из экспериментов известно, что двухфазные наноматериалы и тонкие пленки мало подвержены аномальному росту зерен. Но надежно предсказать, как поведет себя новый материал, пока не представляется возможным.

Попытки расчетов

Для анализа поведения радиационных дефектов в наноструктурах успешно используют методы молекулярной динамики. С их помощью исследовано влияние размера нанозерен на их радиационно стимулированный рост; поведение каскадов атомных смещений, возникающих под действием облучения ионами и нейтронами; аморфиза-



5
Зависимость свободной энергии границ зерен (ΔG_{gb}), свободной энергии точечных дефектов (ΔG_{pt}), их суммы ($\Delta G_{gb} + \Delta G_{pt}$) и энергетического барьера аморфизации (ΔG_{pt} — свободной энергии перехода из кристаллического состояния в аморфное) от величины зерна L («Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B», 2008, 266, 921; doi: 10.1016/j.nimb.2008.01.03)

ция кристаллических нановключений при облучении и другие ситуации. Меньше развиты микроскопические подходы для выявления механизма поведения межузельных атомов и вакансий, возникающих при облучении и собирающихся в кластеры. Известен энергетический подход, основанный на анализе конкуренции двух процессов — аморфизации под действием облучения и удаления радиационных дефектов при сохранении наноструктуры. Схема, иллюстрирующая результаты такого подхода, приведена на рис. 5. С учетом соотношения этих величин свободной энергии на схеме можно выделить пять энергетических зон. Вот их перечень, слева направо: 1) переход в аморфное состояние возможен и без облучения; 2) переход в аморфное состояние инициируется под действием слабого облучения; 3) облучение не приводит к аморфизации; 4) облучение сопровождается аморфизацией; 5) величина свободной энергии точечных дефектов является доминирующей, и роль границ в удалении дефектов мала.

Подобные расчеты связаны со многими приближениями, и доведение их до численных оценок затруднительно. Поэтому микроскопические подходы для описания взаимодействия облучения с наноструктурами различных типов требуют дальнейшего развития.

Недавно в Массачусетском технологическом институте (MIT) был предложен интересный термодинамический подход для оценки термической устойчивости наносплавов. Этот подход предполагает использование обычного приближения регулярных растворов как для внутренних районов нанозерен, так и для их межзеренных границ толщиной около 1 нм, и дает возможность минимизации свободной

энергии в поле «состав сплава — размер зерен». По мнению академика А.И.Русанова, который несколько лет назад ввел в научный обиход термин «нанотермодинамика», для объектов с размерами вплоть до 10 нм классическая термодинамика применима, но все, что менее, — должно обсуждаться и обосновываться. В этой связи разработки MIT должны быть проверены на реальных наносплавах.

Тем не менее

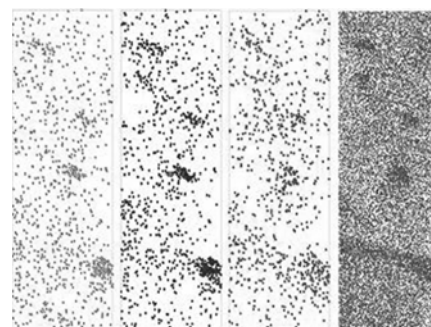
Экспериментально выявленная повышенная устойчивость наноструктур по отношению к влиянию радиации послужила основанием для разработки радиационно-стойких наноструктурных сталей. Их собираются применять для оболочек тепловыделяющих элементов в реакторах на быстрых нейтронах. Одно из главных требований к оболочкам — малое распухание под действием нейтронного облучения плюс прочность при высоких температурах. В США, Франции, Японии предложены наноструктурные железо-хромистые стали (с добавками W, Mo и титано-иттриевых оксидов), которые сейчас проходят многосторонние испытания. Перспективны две технологии изготовления таких систем. Одна — это прессование из порошков и горячая экструзия (выдавливание) заготовок. Другая технология — интенсивные пластические деформации литых сплавов — разрабатывается в Уфе под руководством профессора Р.З.Валиева, директора НИИ физики перспективных материалов, автора важных работ в нескольких областях материаловедения.

На рис. 6 показаны атомно-зондовые томографические распределения элементов в оксидных включениях и светлопольное электронно-микроскопическое изображение структуры ферритной стали 14YWT, разработанной в Окриджской национальной лаборатории (США). Из-за применения горячей экструзии зерна вытянуты, их длина до 1000 нм, а поперечный размер около 300 нм. Высокотемпературную прочность и предотвращение роста зерен обеспечивают нановключения размером 2—4 нм на основе оксидов типа $Y_2Ti_2O_7$ и Y_2TiO_5 . Исследования при высоких температурах и облучении показали, что включения не растут, их фазовый состав не меняется, свеллинг стали мал, а прочность ее высока. Недавно украинские и американские ученые показали, что облучение ионами Cr с энергией 1,8 МэВ даже при высоких дозах, когда атом решетки испытывает в среднем 500 соударений с ионом, влечет для некоторых наноструктурных сталей меньший свеллинг по сравнению с их аналогами с обычной структурой.

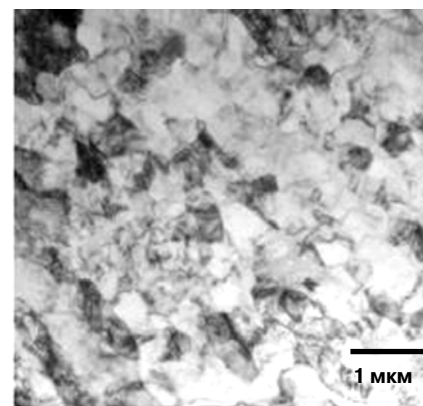
Однако длительные радиационные испытания этих сталей — а реактор должен работать долго! — еще впереди.

Наш старый знакомый

Еще один пример перспективного наноструктурного материала — карбид кремния, SiC. Это и абразив, и материал нагревателей в электропечах (силит), и имитатор алмаза для прекрасной половины человечества (муассанит), и полупроводниковый материал для мощной электроники. Но монокристаллы данного соединения чувствительны к облучению, они аморфизируются и изменяют свои свойства даже при небольших дозах. Однако наноматериалы — тонкие волокна и пленки SiC, а также композиты типа SiC/SiC, получаемые различными методами газофазного осаждения, — к облучению стойки и могут использоваться в атомной технике. Нейтронное облучение при умеренных дозах (до 30—40 смещений на атом) практически не сопровождается рас-



10 нм



1 мкм

6
Вверху — атомно-зондовые томографические распределения элементов в оксидных включениях, внизу — электронно-микроскопическое изображение структуры ферритной стали 14YWT («Journal of Alloys and Compounds», 2012, 529, 96; doi: 10.1016/j.jallcomp.2012.02.143, «Journal of Nuclear Materials», 2009, 392, 353; doi: 10.1016/j.nucmat.2009.03.024)

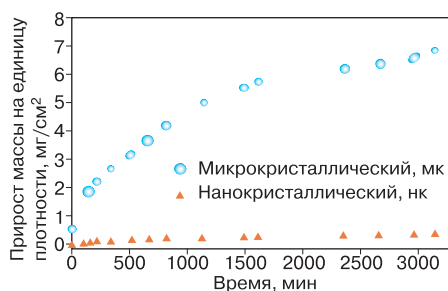
пуханием (свеллинг около 1%), а только снижает теплопроводность и увеличивает разброс значений прочности. Трубчатые элементы из газофазного карбида кремния рассматривают для атомных реакторов как альтернативу циркониевым сплавам. Композиты на основе SiC предлагают применить как облицовочный материал в термоядерных реакторах (токамаках).

Коррозионные среды

Казалось бы, границы зерен как области с разупорядоченной структурой наиболее подвержены взаимодействию с агрессивной средой. Именно отсутствием таких границ обычно объясняют повышенную коррозионную стойкость аморфных материалов (металлических стекол). Но с другой стороны, диффузионная подвижность атомов в районах, примыкающих к межзеренным границам, повышена, и приток атомов для образования защитных слоев, пассивирующих поверхность и предотвращающих коррозию, может возрасти. Помимо этих противоборствующих факторов важна и сама по себе стабильность материала защитных пленок. Поэтому переход к наноструктуре может влиять на коррозионную стойкость по-разному. Например, на рис. 7 показаны результаты, которые были получены при изучении окисления железо-хромистых сплавов при 400°C.

Преимущество наноструктурных образцов более чем заметно. Оказалось, что на поверхности образца выше содержание хрома за счет его диффузии в приграничных областях нанозерен. Поэтому защитная пассивирующая пленка Cr_2O_3 растет быстрее и лучше защищает материал от окисления.

Примерно так же ведет себя цирконий при испытаниях на коррозионное растрескивание, когда образец и нагружен механически, и находится в агрессивной среде. В совместной работе российских и белорусских ученых



7
Окисление железо-хромистых сплавов при 400°C: верхняя кривая — обычный материал, зерна 1,5 мкм; нижняя — наноматериал, зерна 50–55 нм («Science», 2010, 45, 4884; doi: 10.1007/s10853-010-4665-3)

недавно было установлено, что сплав Zr-2,5%Nb, широко применяемый в атомной энергетике, в ультрадисперсном состоянии (размер зерен 200–700 нм) лучше противостоит коррозионному растрескиванию по сравнению с крупнозернистым аналогом. Испытания продолжались 50 часов.

А для никеля ситуация оказалась обратной: уменьшение размера зерен снижает сопротивление окислению и противодействие минеральным кислотам. Для меди, титана, магния и кобальта в нанокристаллическом состоянии наблюдается либо ухудшение коррозионной стойкости, либо слабое отличие от таковой для крупнокристаллических металлов и сплавов. Различие в коррозионном поведении наноматериалов связано со многими причинами — здесь важны уровень нанокристалличности в образующихся защитных пленках, их состав, текстура, дефектность, сплошность, наличие сегрегаций на поверхностях раздела и т. д.

В последнее время усилился интерес к коррозионным характеристикам тугоплавких соединений — карбидов, боридов, нитридов и других фаз с температурой плавления более 2000°C. Эти соединения, включая некоторые нанобъекты, активно изучают на Украине профессор В.А.Лавренко и его сотрудники в Институте проблем материаловедения им.И.Н.Францевича Национальной академии наук Украины. Поведение тугоплавких соединений в коррозионных средах важно для огнеупорной промышленности, химического и газотурбинного машиностроения. Актуально также создание облицовочных композитных материалов типа HfB_2/SiC для ракетных приложений.

Подводя итоги

Итак, имеется немало обнадеживающих примеров, которые демонстрируют возможность и эффективность использования наноматериалов в экстремальных условиях. Однако мы рассмотрели далеко не все варианты. Есть еще низкие температуры, сильные магнитные и электрические поля, многоцикловые и ударные механические нагрузки, термоциклирование, «плохие» биологические и химические среды, для которых, по всей вероятности, тоже могут быть найдены противоядия потере стабильности наноструктур. Неоднофазные наноматериалы с полосчатой (ламинарной) структурой кажутся подходящими кандидатами, но условия их применения разнообразны, и универсальных рекомендаций можно не ждать.

Для широкого использования наноматериалов в экстремальных условиях надо решить много проблем.



Это обеспечение длительной работоспособности, предсказание и предотвращение аномального роста зерен, выбор оптимальной технологии и др. Необходимо учитывать тонкие особенности строения межзеренных границ, а это возможно только при применении таких нетривиальных методов, как томографический атомно-зондовый анализ, спектроскопия электронов, потерявших энергию, малоугловое рассеяние нейтронов, наноиндентирование, электронная микроскопия высокого разрешения для изучения радиационных дефектов in situ... Для этого понадобятся координация и объединение усилий ученых и инженеров разных специальностей, а также соответствующее информационное обеспечение. Поскольку объем информации, как мы отметили в начале статьи, стремительно растет, целесообразно было бы создать единый информационный центр и издавать в ВИНТИ общий выпуск реферативного журнала «Нанотехнологии и наноматериалы», объединяющий химию, физику, материаловедение, биологию, медицину, экономику и общественные науки.

Литература

- Р.З.Валиев, И.В.Александров. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура, свойства. Москва: Академкнига, 2007.
- Р.А.Андриевский. Радиационная стойкость наноматериалов. «Российские нанотехнологии», 2011, 6 (5–6), 34–42.
- Е.В.Болдырева. Супрамолекулярные системы в экстремальных условиях. «Вестник Российской академии наук», 2012, 82 (11), 982–991.
- Р.А.Андриевский. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

Экзосомы — бутылочная почта организма

Кандидат
биологических наук
Д.Э.Джагаров

Какой же морской роман без письма в засмоленной бутылке, которую несет течение? До появления радио и телеграфа бутылочная почта нередко становилась последней надеждой для попавшего в беду корабля и его экипажа.

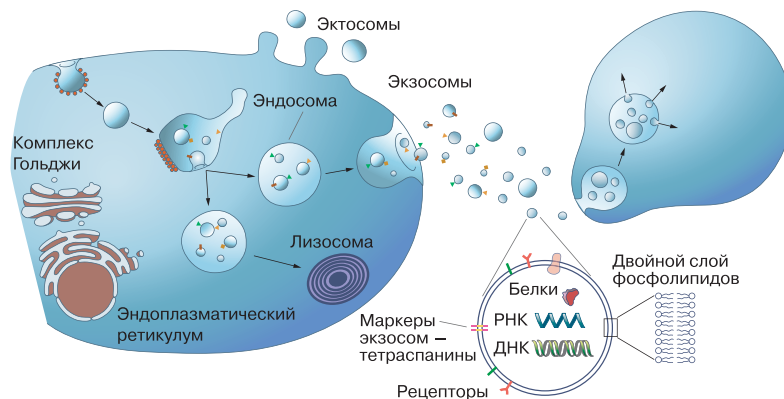
Примерно такой же почтой пользуются живые клетки. Время от времени они выделяют в межклеточное пространство крохотные пузырьки, которые, попадая в кровоток, разносятся по всему организму. Встретив клетку — адресата послания, они узнают ее с помощью молекул, расположенных на их поверхности, затем, попав внутрь клетки, сообщают ей, как живут-поживают клетки-отправители и что делать дальше ей самой.

Первоначально эти крошечные пузырьки-везикулы рассматривались как резервуары для удаления избытка клеточной цитоплазмы и считались побочным продуктом жизнедеятельности клеток. С момента их открытия и до начала XXI века никто ими особенно не интересовался. Потом выяснилось, что они обладают способностью регулировать иммунные реакции организма. Когда же в 2007 году в них были обнаружены нуклеиновые кислоты — носители генетической информации, стало ясно, что это вовсе не мусорные контейнеры.

Отправить и получить

Задумывались ли вы когда-нибудь над тем, как из оплодотворенной яйцеклетки развивается сложнейшее по архитектуре строение, именуемое организмом? Строение, состоящее из многих миллионов клеток, каждая из которых выполняет свою, именно ей предназначенную функцию, четко согласуя ее с общим планом действий. И это волшебство происходит прямо у нас на глазах, с нами самими (взгляните на себя в зеркало и сравните с вашей фотографией в раннем детстве).

Чтобы клетки могли координировать свои действия, существуют механизмы межклеточной коммуникации. Клетки общаются или путем прямого контакта, или выделяя сигнальные молекулы (в



Образование экзосом и эктосом, передача их от клетки-отправителя к адресату. Внизу — «обобщенная» экзосома в увеличенном виде

том числе гормоны, ростовые факторы, нейромедиаторы). Теперь мы знаем, что есть еще один способ — межклеточная передача мембранных пузырьков.

Пузырьки воздействуют на клетку-адресата гораздо более сложными способами, чем отдельные молекулы, так как содержат многочисленные белки, липиды и даже нуклеиновые кислоты. Дополнительное удобство в том, что содержимое пузырька окружено мембраной, которая предохраняет их от воздействия среды, как прочное стекло бутылки защищает письмо от влаги. Рецепторы на поверхности мембраны обеспечивают доставку точно по адресу (и в этом отличие от бутылочной почты: попасть «не в те руки» письмо не может). Путешествуют посылки наиболее экономичным «водным транспортом» — с жидкостью, циркулирующей по кровеносным артериям и лимфатическим сосудам. Таким образом обеспечивается обмен информацией между удаленными клетками, в разных органах и разных частях тела.

Бутылочная почта организма может доставлять не только чистую информацию, но и полезные предметы, способные открыть перед получателем новые горизонты. Например, внеклеточные пузырьки, называемые экзосомами, переправляют от нейронов к мышечным клеткам мембранный белок синаптогамин 4. Он нужен для формирования нервно-мышечного соединения (синапса), через которое передаются электрические сигналы от нейронов к мышечным клеткам. Производится этот белок в нервных клетках, а используется в мышечных, так что без пересылки тут не обойтись.

Классификация

В зависимости от того, как образуются внеклеточные пузырьки и какой они величины, их называют апоптозными тельцами, эктосомами или экзосомами.

Апоптозные тельца, они же апотельца, — это ограниченные плазматической мембраной фрагменты клетки, образующиеся в результате апоптоза — регулируемой организмом самоликвидации клетки. Они имеют размер около 50—5000 нм в диаметре и могут содержать органеллы или даже фрагменты ядра погибшей клетки.

Эктосомы, или почкующиеся микровезикулы, образуются путем выпячивания плазматической мембраны из клетки наружу; выпуклость отшнуровывается от мембраны клетки и превращается в пузырек. Это довольно крупные пузырьки — обычно от 50 до 200 нм, иногда достигают и 1000 нм в диаметре.

Экзосомы — небольшие пузырьки (обычно от 40 до 100 нм). Первоначально они образуются внутри клетки — почкуются в полость, называемую эндосомой. Когда в этой полости накапливается достаточно много экзосом, дальнейшая ее судьба зависит от того, какими липидами промаркирована ее мембрана. Если эндосома помечена лизобисфосфатидиловой кислотой, то ее содержимое будет уничтожено — она сольется с лизосомой, мембранным пузырьком, наполненным ферментами, которые расщепляют белки, углеводы, липиды и нуклеиновые кислоты. Если же мембрана эндосомы содержит церамиды — это сигнал «отправить почту»: эндосома сливается с поверхностной мембраной клетки и множество экзосом выталкивается наружу, во внеклеточную среду (см. рисунок). Руководят этими процессами небольшие ГТФазы (ферменты, которые связывают и гидролизуют гуанозинтрифосфат) семейства Rab. Если «почтовая» функция апотельца и эктосом еще остается под вопросом, то для экзосом она доказана точно.

Экзосомы и эктосомы были обнаружены в самых разных полостных жидкостях организма, а также в моче, сперме, сы-

воротке крови, лимфе, слюне, слезах, выделениях из носа, желчи, околоплодных водах и даже в грудном молоке. Производить экзосомы, как теперь известно, способна почти любая наша клетка — от клеток желудочно-кишечного тракта и желез внутренней секреции до клеток кожи и мозга.

Различить апотельца, эктосомы и экзосомы после того, как они оказались в жидкости, непросто, но возможно. Так, мембраны апотельца и эктосом богаты фосфатидилсеринном, а экзосомы содержат характерные белки, например Alix — многофункциональный белок, задействованный среди прочего и в биосинтезе экзосом.

За последние годы собрана обширная информация о компонентах внеклеточных пузырьков из различных типов клеток и жидкостей. Оказалось, что состав их белков, липидов, микроРНК и матричных РНК сильно зависит от происхождения пузырьков, а также от физиологического состояния породившей их клетки, от того, здорова она или больна. Как правило, все экзосомы содержат аннексины, которые регулируют процессы слияния ее мембраны с мембраной клетки; ГТФазы Rab, молекулы адгезии и рецепторы, помогающие экзосоме причалить к клетке-мишени; а также белки ESCRT (эндосомного комплекса сортировки предназначенных для транспортировки белков и РНК — что-то вроде аналога портовой службы маркировки-сортировки). Главный маркер экзосом — трансмембранные белки CD63, CD81 и CD9 из семейства тетраспанинов. (CD-маркеры, или антигены, от англ. cluster of differentiation — это поверхностные белки, которые используются для идентификации клеток. Лимфоциты или стволовые клетки разных типов не всегда можно различить «на глаз», но мы можем узнать, к какому типу принадлежит клетка, если выясним, какие CD-антигены она несет.) Кроме того, экзосомы, как и клетки, несут на мембране белки главного комплекса гистосовместимости (МНС, от англ. major histocompatibility complex) и белки теплового шока, они же белки стресса (HSP60, HSP70, HSP90). Те и другие принимают участие в связывании антигенов и предъявляют эти антигены иммунной системе. Белки МНС отвечают также за распознавание «своих» и «чужих» клеток и тканей.

Иммунный ответ

Способность мембранных пузырьков транспортировать информацию впервые была показана в исследованиях экзосом из В-лимфоцитов. Оказалось, что они несут на себе белки главного комплекса гистосовместимости — МНС класса II, связанные с антигенным пептидом, иными словами, конструкцию, необходимую для иммунного ответа. И несут они ее не куда-нибудь, а в специализированные Т-клетки, то есть служат посредниками на этом важнейшем этапе. Аналогичным образом экзосомы переносят комплексы МНС класса I с пептидным антигеном из дендритных клеток в так называемые наивные Т-лимфоциты. (О дендритных клетках и об их роли в иммунной системе «Химия и жизнь» писала в ноябрьском номере 2011 года.) Получив такое «письмо», Т-лимфоциты перестают быть наивными и готовы опознать антиген обидчика и сразиться с ним. Примерно так же экзосомы распространяют антигены и их комплексы с МНС между дендритными клетками, благодаря чему растет число клеток, представляющих тот или иной антиген.

«Экзосомной почтой» пользуются клетки-макрофаги, зараженные вирусами или бактериями, — они отправляют антигены инфекционного агента, и это тоже приводит к активации Т-клеток. Аналогичный эффект дают экзосомы, выделяемые опухолевыми клетками при воспалении, которые несут антигены опухоли.

Если дендритная клетка незрелая или выделяет цитокины, тормозящие иммунный ответ, ее экзосомы несут подавляющие иммунитет молекулы. Это способствует развитию иммунной толерантности, противодействует воспалительным процессам, а значит, может быть полезным для лечения аутоиммунных заболеваний.

Другой случай полезного подавления иммунной реакции — экзосомы, выделяемые клетками плаценты в кровь матери. Они несут на себе фактор FasL, ингибирующий Т-клетки и NK-клетки (от англ. natural killers — «естественные убийцы»), и предотвращают иммунную атаку крови матери против плода. Подобные экзосомы найдены также в молозиве и молоке кормящей матери.

Кстати, сами NK-клетки тоже выделяют экзосомы, образно названные «нанопулями против опухолей». Они содержат



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

две «молекулы-убийцы»: перфорин, который продельвает дырки в плазматической мембране клетки-мишени, и тот же самый лиганд FasL, который взаимодействует с трансмембранным белком FasR — рецептором, запускающим апоптоз.

К сожалению, инфекции и опухоли распространяются по организму и спасаются от иммунного надзора также с помощью экзосом. Появляется все больше доказательств, что экзосомы из опухолей ингибируют иммунный ответ и содействуют ангиогенезу (образованию новых кровеносных сосудов), тем самым способствуя росту новообразования. Кроме того, опухолевые экзосомы могут провоцировать образование метастазов, активируя миграцию опухолевых клеток и подготавливая им на новом месте так называемую метастазную нишу — микроокружение, способствующее укоренению и росту.

Перенос генетического материала

В 2007 году было обнаружено, что экзосомы, продуцируемые тучными клетками, содержат не только белки, но РНК. Это были как матричные РНК, содержащие информацию об аминокислотной последовательности белков, так и функционально активные малые РНК — некодирующие молекулы длиной около 22 нуклеотидов, которые принимают участие в регуляции экспрессии генов. РНК, курсирующие с помощью экзосом от одной клетки к другой, были названы челночными, или шаттл-РНК (exosomal shuttle RNA — esRNA).

Очевидно, молекулы РНК упаковываются в экзосомы не случайным образом. Так, в экзосомы почти не попадает РНК, входящая в состав рибосом. Кроме того, набор микроРНК и мРНК в экзосоме не вполне отражает содержание этих РНК в родительских клетках. Например, в клетках аденокарциномы крысы обнаружено более 8000 различных мРНК, а в экзосомах из этих клеток их не более 1500.

По сравнению с клеточными РНК экзосом более стабильны и устойчивы к деградации при длительном хранении и повторных циклах замораживания и от-

Характеристики экзосом, микровезикул и апоптозных телец

	Экзосомы	Эктосомы	Апотельца
Размер	40—100 нм	50—1000 нм	До 5000 нм
Механизмы образования	Внутри клетки, почкованием в эндосому	Почкованием — выпячиванием плазматической мембраны клетки наружу	Распад клеток на части, каждая из которых окружена мембраной
Биомаркеры	Белки Alix, ESCRT, трансмембранные белки-тетраспанины: CD63, CD81 и CD9	Интегрины, селектины, маркеры родительских клеток, маркер внешней мембраны клетки — фосфатидилсерин	Геномная ДНК и цельные органеллы, фосфатидилсерин на внешней мембране

таивания. Полезное качество для потенциальных диагностических и лечебных препаратов!

Передача микроРНК — один из ключевых путей взаимодействия между стволовыми клетками и их микроокружением, так называемой нишей. Этим путем пользуются и раковые клетки. Передача микроРНК экзосомой из раковой клетки влияет на экспрессию генов в клетке-мишени, способствуя распространению метастазов.

Естественно возникает вопрос: можно ли при необходимости заблокировать пересылку микроРНК? Подсказкой может оказаться тот факт, что их перенос регулируют церамиды — липиды, которые входят в состав мембран и играют роль сигнальных молекул; мы их уже упоминали в начале, когда рассказывали о секреции экзосом. В опытах *in vitro* удавалось создать дефицит церамидов, подавив активность фермента сфингомиелиназы. (Этот фермент расщепляет сфинголипиды — основной компонент мембраны, причем высвобождаются церамиды.) Действительно, после этого секреция экзосом приостановилась.

Помимо РНК экзосомы содержат еще и мобильную ДНК, например митохондриальную. Во внеклеточной жидкости, в том числе в плазме крови, присутствуют ферменты, разрушающие ДНК и РНК, вот почему молекулы — носители генетической информации должны путешествовать от одной клетки к другой внутри мембранных микропузырьков. Подробнее о нуклеиновых кислотах экзосом можно прочитать в недавнем обзоре О.Н.Гусаченко, М.А.Зенковой и В.В.Власова из Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН («Биохимия», 2013, 78(1), 5—13).

Регенерация

Экзосомы, по всей видимости, играют важную роль в восстановлении поврежденных органов. Все больше данных свидетельствует о том, что внеклеточные везикулы, секретируемые из гемопоэтических стволовых клеток-предшественников, мультипотентных клеток стромы или сердечных стволовых клеток, обладают уникальными свойствами. Они защищают клетки, оставшиеся в поврежденных тканях, от апоптоза, стимулируют деление выживших клеток и рост сосудов.

За счет чего это происходит? Во-первых, мембраны этих везикул обогащены биологически активными липидами, такими, как близкий родственник церамидов сфингозин-1-фосфат. Во-вторых, на их поверхности синтезируются антиапоптотные и стимуляторные ростовые факторы и цитокины. В-третьих, они целенаправленно доставляют в поврежденные ткани мРНК, регулятор-

ные микроРНК и ферменты, и вся эта «гуманитарная помощь» повышает способности клеток к регенерации.

Например, мезенхимальные стволовые клетки посылают с помощью экзосом в поврежденные клетки канальцев почек матричную РНК рецептора инсулиноподобного ростового фактора-1. В клетках начинается синтез этого рецептора, и регенерация идет активнее. Подобные механизмы перепрограммирования поврежденных клеток стволовыми могут быть задействованы и при инфаркте миокарда. В экспериментах на животных даже однократное введение экзосом мезенхимальных стволовых клеток уменьшает размер инфаркта и улучшает состояние подопытных. Оче-

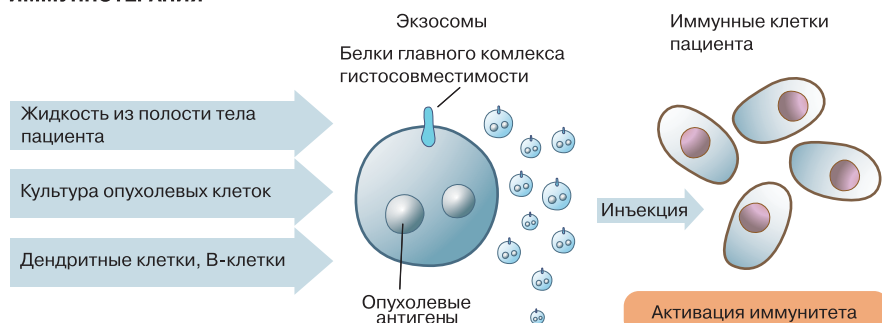
видно, экзосомы восполняют дефицит ферментов, важных для снабжения клетки энергией, а значит, и для скорейшей реабилитации сердечной мышцы.

Старение

Недавно было обнаружено, что длительность жизни нейронов мозга зависит от среды, в которой они находятся. Если пересадить нейроны мыши в мозг крысы, живущих намного дольше мышей, продолжительность жизни этих нервных клеток может быть вдвое превысить средний срок, отмеренный природой мышам. Исследования методом гетерохронного парабиоза, при котором кровеносные системы двух животных

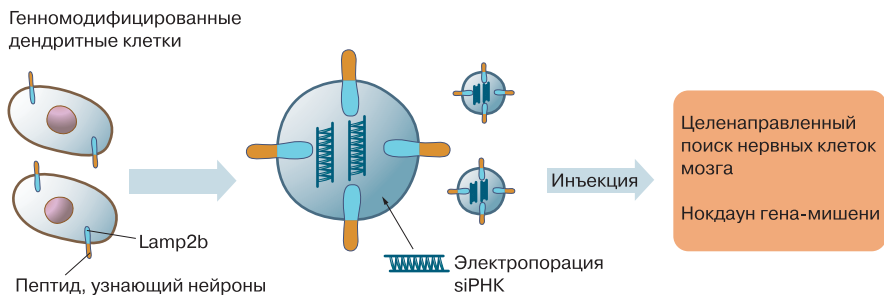
Примеры терапии с помощью экзосом

ИММУНОТЕРАПИЯ



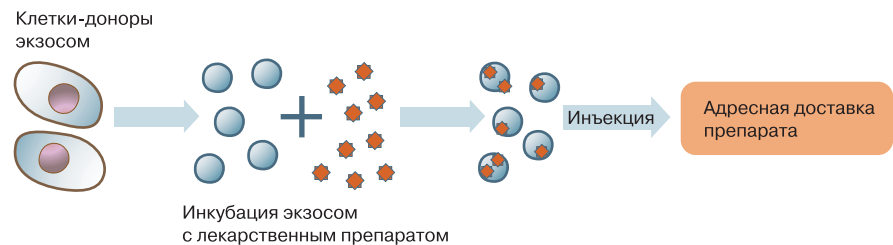
Иммуноterapia. Экзосомы, содержащие опухолевые антигены внутри и (или) на поверхности мембраны, выделяют из различных источников — полости жидкости пациента, культуры опухолевых клеток или культуры иммунных клеток, а затем вводят пациенту, чтобы вызвать целенаправленный иммунный ответ

ТЕРАПИЯ ИНТЕРФЕРИРУЮЩИМИ РНК



Терапия интерферирующими РНК. Методами биоинженерии была создана культура дендритных клеток, синтезирующих химерную конструкцию, — мембранный белок *Lamp2b* сделали носителем пептида, узнающего нейроны. В экзосомы, полученные из таких дендритных клеток, загружают с помощью электропорации малые интерферирующие РНК — siРНК (класс двухцепочечных РНК, отличных от микроРНК, но имеющих сходную роль в регуляции). Внутривенная инъекция таких экзосом, ориентированных на поиск нейронов и содержащих siРНК, снижает активность гена-мишени в нервных клетках

ЛЕКАРСТВЕННАЯ ТЕРАПИЯ



Лекарственная терапия. Молекулы лекарства размещают внутри экзосомы или на ее мембране — это облегчает их целевую доставку и минимизирует деградацию

разного возраста объединяют хирургическим путем, показали, что при этой операции старое животное молодеет, а молодое, наоборот, стареет. Очевидно, возрастное снижение активности клеток может быть результатом воздействия циркулирующих в крови факторов, состав которых меняется с возрастом.

В недавно опубликованном обзоре Ден Сюй из Китая и Хидетоши Тахара из Японии («Advanced drug delivery reviews», 2013, 65, 3, 368—375, doi: 10.1016/j.addr.2012.07.010) обосновали гипотезу о том, что важнейшую роль в координации процессов клеточного старения выполняют экзосомы, а точнее, переносимые ими микроРНК. Некоторые из них могут способствовать старению, запуская сигнальные пути, ведущие к одряхлению организма, другие защищают от этих процессов. Экзосомы из состарившихся клеток с помощью своей микроРНК так изменяют микроокружение, что оно начинает благоприятствовать возрастным заболеваниям, понижению иммунитета, воспалению и нарушению функций различных органов. В обзоре приведен список кандидатных микроРНК, как способствующих, так и противодействующих старению.

Диагностика

Революционеры стремятся захватить почту и телеграф, реформаторы продвигают свои идеи через СМИ и социальные сети. Кто контролирует обмен информацией, тот владеет миром. Из предыдущих главок понятно, что исследования экзосом имеют огромную практическую значимость.

Например, они могут сказать многое о состоянии организма. Из экзосом, содержащихся в плазме крови, моче и других биожидкостях, можно получить микроРНК для диагностики. Как уже говорилось, липидная оболочка защищает РНК от агрессивных ферментов, поэтому возможность их деградации при транспортировке и хранении образцов невелика. Результаты такого анализа помогут не только поставить диагноз, но и определить стадию заболевания, выяснить, прогрессирует ли оно или вошло в стадию ремиссии, проверить эффективность лечения.

Экзосомы содержат белки, микроРНК и матричную РНК той клетки, из которой они произошли. Повышенный уровень микроРНК-155 характерен при наличии провоспалительных макрофагов и атеросклеротических поражений. МикроРНК семейства Let-7 в экзосомах может свидетельствовать об активном размножении клеток, а значит, о растущей опухоли. Появление в плазме крови типичной для сердечной мышцы микроРНК-208a и изменения уровня некоторых других микроРНК могут быть

использованы для ранней диагностики повреждения миокарда. Характерный состав микроРНК имеют также экзосомы из нейронов, зараженных прионами — инфекционными белками, вызывающими тяжелые заболевания центральной нервной системы, такие, как куру или «коровье бешенство». И подобных примеров, демонстрирующих возможности диагностики по экзосомам, с каждым днем становится больше.

Еще один плюс диагностики по экзосомам — вместо весьма болезненной и порой небезопасной хирургической биопсии тканей можно исследовать жидкости и получить ту же информацию. Это особенно важно при диагностике рака головного мозга, например глиомы, когда проведение множества биопсий может быть опасным для жизни пациента. Исследование РНК экзосом, выделенных из крови и спинномозговой жидкости, позволит ученым проводить тест на наличие опухоли и наблюдать за ее изменениями, не проводя биопсию.

Специалисты компании «Exosome Diagnostics» (США) разработали набор для выявления рака предстательной железы, обладающий точностью 75%. Первые наборы для диагностики по образцам экзосом, полученных из мочи, можно будет приобрести уже в конце 2013 года.

Диагностика по экзосомам в ближайшее время, вероятно, станет доступна даже небольшим медицинским лабораториям, оснащенным обычной микроцентрифугой. Это сделает возможным очень простая, не требующая ультрацентрифугирования методика получения экзосом. Ее разработала американская компания «System Biosciences». Группа американских исследователей разработала также высокочувствительный аналитический прибор для быстрого изучения микровезикул непосредственно в образцах крови пациентов («Nature Medicine», 2012, 18, 1835—1840, doi:10.1038/nm.2994). Кровь пропускают через микрожидкостной чип, в котором микровезикулы метят моноклональными антителами, связанными с магнитными наночастицами, а затем выявляют с помощью миниатюрной детекторной системы, использующей ядерный магнитный резонанс. Всего из 0,1—0,5 мл сыворотки крови или другой биологической жидкости можно получить достаточно РНК или белка экзосом, чтобы провести экспресс-диагностику.

Терапия

Возможно, экзосомы окажутся идеальным средством доставки лекарств. Они предохраняют свое содержимое от разрушения и могут переносить его через плазматическую мембрану. Кроме того, эти мембранные пузырьки, самой



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

природой предназначенные для межклеточного обмена, хорошо переносятся организмом, о чем свидетельствует их присутствие в биологических жидкостях. Они избирательно находят клетки-мишени, тем самым повышая эффективность переноса лекарственных препаратов, белков и РНК и снижая возможность побочных эффектов. Например, если препарат экзосом, заключающих в себе противовоспалительное лекарство, просто закапать в нос, лекарство будет доставлено в конкретные клетки мозга, то есть сможет пересечь гематоэнцефалический барьер.

Для массового производства экзосом предполагается использовать культуры человеческих мезенхимальных стволовых клеток, которые обладают способностью к пролиферации и иммуносупрессивной активностью (последнее важно, поскольку предотвращает атаку иммунной системы пациента). Уже удалось создать постоянную «промышленную» линию таких клеток, которая с течением времени не теряет способности к делению, полностью сохраняет и способность секретировать экзосомы.

Перспективное терапевтическое средство представляют собой экзосомы из культур НК-клеток — как нетрудно догадаться, потенциальное оружие против опухолей.

Конечно, есть и нерешенные проблемы. Коль скоро экзосомы несут на себе белки главного комплекса гистосовместимости, аллогенные, то есть взятые от другого человека экзосомы могут вызывать у пациента иммунный ответ, несмотря на иммуносупрессивную активность. Ключ к решению — вероятно, тщательный подбор донорских клеток для производства экзосом, а также получение культур аутологичных (собственных) мезенхимальных стволовых клеток пациента из индуцированных стволовых клеток.

На этой оптимистической ноте закончим статью. Если экзосомы оправдают надежды ученых, повод вернуться к «бутылочной почте» клеток представится «Химии и жизни» еще не раз.



Лиловая картошка

Выведены три сорта лиловой и один — желтой картошки.

Агентство «AlphaGalileo»,
24 апреля 2013 года

Несколько лет назад методами генной модификации были получены помидоры, лиловые как снаружи, так и внутри, — помимо жирорастворимого оранжевого пигмента ликопина они содержали еще и водорастворимый антоциан, взятый у львиного зева. Как ни полезны такие растения, они едва ли скоро пробьют себе дорогу на рынок — мировая общественность относится к ГМО с подозрением. Но экзотически окрашенные овощи можно получать и без генной инженерии. Вслед за российскими селекционерами («Химия и жизнь», 2013, № 1) сотрудники Баскского института сельскохозяйственных исследований и развития методами традиционной селекции создали фиолетовый картофель.

Они привезли из перуанского Международного центра картофеля семена 37 разновидностей диких родственников этого растения, отличающиеся экзотическим цветом клубней. Урожай в Испании у них был крайне маленький, поэтому в теплице стали проводить опыты по скрещиванию. Через несколько поколений получилось четыре сортообразца нового картофеля со вполне приличной урожайностью.

У трех из них клубни были лиловыми благодаря антоцианам, а у четвертого — ярко-желтыми, с повышенным содержанием каротина. Лет через пятнадцать (именно столько времени занимает регистрация сорта в Испании) на прилавках магазинов появится цветной картофель, обогащенный полезными веществами

**Подгузники из CO₂**

В будущем подгузники станут поглощать не только воду, но и углекислый газ.

«Organometallics»,
2013, 32 (7), с. 2152—
2159; doi: 10.1021/
om400025h

Многие химики, следуя базовой гипотезе антропогенного потепления, ищут способы утилизации CO₂. Группа американских ученых из Брауновского университета во главе с Уэлси Бернскеттером надеются получать из него полиакрилат. Это очень нужное вещество — оно поглощает жидкости и поэтому находит применение во многих областях человеческой жизни, от химической технологии до сельского хозяйства и изготовления непротекающих подгузников.

С 1980-х годов известно, что CO₂ соединяется с этиленом под действием никельорганического окислителя. В результате образуется молекула в виде кольца из пяти атомов: один атом кислорода, один — никеля и три — углерода.

Для создания акрилата это кольцо необходимо разорвать, вследствие чего образуется двойная связь между атомами углерода. Разрыв кольца оказался сложной задачей. Уэлси Бернскеттер и его коллеги установили, что связь между никелем и кислородом легко и быстро разрывается под действием кислоты Льюиса — трис(перфторфенил) бора, и доказали, что получение акрилата из этилена и CO₂ возможно.

В среднем на изготовление одного впитывающего подгузника израсходуется около 10 литров углекислого газа. И даже самые маленькие жители нашей планеты будут причастны к решению проблемы утилизации CO₂.

С первого взгляда данный способ кажется хорошей альтернативой широко распространенному получению акрилата из пропилена, поскольку этилен дешевле, чем пропилен. Однако применение экзотических и ядовитых никельорганических соединений делают его не очень реальным. Кроме того, для внедрения его в производство перед исследователями стоит задача отделить акрилат от кислоты Льюиса, что также вносит некоторую неопределенность.

Батарея на целлюлозе

Из дерева можно сделать легко разлагаемую солнечную батарею.

Агентство «News-Wise», 23 марта 2013 года

Органические солнечные батареи отличаются от кремниевых низким коэффициентом преобразования света в электричество: их создатели за счастье сочтут достижение рубежа в 10%, пока что он находится в районе 3%. Однако такие солнечные батареи легко печатать на гибкой подложке, и стоят они гораздо меньше. Есть мнение, что ими станут отделять не крыши, а стены зданий, то есть объемы производства будет в разы больше, чем кремниевых. И тут встает проблема мусора: куда девать километровые рулоны отработавших свое батарей?

Сжигать их нехорошо — возникнет загрязнение среды металлами. Захоранивать и ждать сотни лет, пока пластик распадется, тоже не лучший выход. Была мысль печатать батареи на биоразлагаемом веществе — бумаге, но она оказалась слишком пористой и с неровной поверхностью.

Инженеры из Технологического института Джорджии во главе с профессором Бернардом Киппеленом предложили применить новый материал — нанокристаллическую целлюлозу. Поверхность сделанного из нее листа очень ровная, высота рельефа исчисляется в нанометрах. Такой лист прозрачен, что немаловажно для солнечной батареи, а самое главное — наноцеллюлоза прекрасно растворяется в воде. Тогда по окончании срока службы достаточно будет бросить рулон в бочку с водой, а потом собрать из этой воды вещества, которыми была напечатана батарея, чтобы использовать вторично для той же цели.

Пластик из дерева

Создан метод получения из целлюлозы сырья для изготовления пластиковых бутылок.

Green Chemistry»,
2013; doi: 10.1039/
C3GC40740C1

Биоразлагаемый пленочный материал целлофан делают из целлюлозы не одно десятилетие. Однако он не очень прочен и уступает полученным из ископаемых углеводородов полиэтилену и его родственникам вроде полиэтилентерефталата (того самого ПЭТФ, из которого делают пластиковые бутылки).

Исследователи из Массачусетского университета во главе с Паулем Дауэнхауэром решили делать сырье для этого пластика — ароматический углеводород р-ксилен — не из нефти, а из возобновляемого сырья, целлюлозы. Идея эта не нова, но процесс состоит из нескольких стадий, а на самой последней выход целевого продукта не превышал 50%, что неплохо для получения гранта и публикации пресс-релиза, но никак не годится для промышленного производства многотоннажного продукта. А Дауэнхауэру с коллегами удалось так подобрать катализатор из группы цеолитов, что выход достиг 90%. Это, несомненно, приблизило внедрение новой технологии.

Чтобы показать, сколь тернист путь зеленой химии, перечислим основные этапы превращения дерева в бутылку. Сначала нужно отделить целлюлозу от лигнина, что при стандартном серноокислотном способе обеспечивает значительные отвалы. Затем требуется разбить целлюлозу на отдельные сахара и превратить получившиеся молекулы глюкозы во фруктозу. После дегидратации на кислотном катализаторе она дает гидроксиметилфурфурол. Из него на медь-рутенийевом катализаторе делают диметилфуран, добавляют этилен, возникающий при дегидратации спирта (последний также получается из целлюлозы), цеолитовый катализатор, заливают растворителем гептаном, варят часов эдак десять — и вот он, р-ксилен, с 90%-ным выходом.

Как феникс из пепла

Открыт механизм, который пробуждает спящие в земле семена после лесного пожара.

«Proceedings of the National Academy of Science», 2013, 110(20), 8284—8289; doi: 10.1073/pnas.1306265110

В США долгое время радикально боролись с лесными пожарами. Результат оказался плачевным. Во-первых, в лесах накопилось много сухостоя, который, однажды вспыхнув, дает пожары небывалой силы. А во-вторых, почва так обеднела, что обитающим на ней растениям пришлось несладко. В конце концов, с 80-х годов XX века пожары были реабилитированы и бороться с ними перестали, но старались контролировать. В частности, в 1988 году сгорел лес в Йеллоустонском национальном парке. Защитники природы тогда печалились и переживали, что парк уже никогда не будет таким красивым, как прежде. Однако минул год-другой, и выжженная земля покрылась пышным ковром свежей растительности. Почему пышным — понятно, ведь в почву попала зола сгоревших деревьев, обогатив ее полезными веществами. Но откуда семена в земле узнали, что место освободилось и пора пробудиться от многолетней спячки?

Исследователи из Биологического института Солка и калифорнийского университета в Сан-Диего во главе с Джоан Чори предложили возможный механизм. По их мнению, главную роль здесь играет маленькая молекула каррикина — ароматического углеводорода, образующегося при горении древесины. Попав в почву, это вещество оказывается внутри семени и связывается там с одним из клеточных рецепторов. Он-то и запускает каскад химических реакций, которые приводят к пробуждению семени. Собственно, именно расшифровкой структуры этого рецептора у арабидопсиса и определением механизма его активации каррикином и занимались калифорнийских биохимики. По их мнению, арабидопсис в этом плане не исключение, он демонстрирует свойственный всем растениям механизм, который обеспечивает быстрое обновление леса после радикальной огненной зачистки. Эта работа имеет и практическое значение: если каррикин пробуждает семена, значит, совсем не лишней будет его добавка к препаратам для ускорения прорастания семян.

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

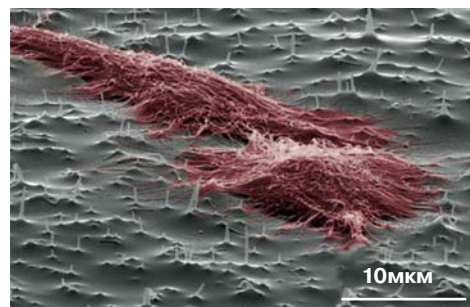
Йога для клетки

Сделаны иголки, с помощью которых в живые клетки можно вводить препараты.

Агентство «AlphaGalileo», 24 мая 2013 года

Обычно для проверки биологической активности лекарства или какого-то другого вещества исследователи наносят его на гладкую поверхность, выращивают на этой подложке клетки и смотрят, что с ними произойдет. Увы, отнюдь не каждый препарат при этом попадает внутрь клетки.

«А что если наносить препарат на острия игл, а затем насаживать на иглы живые клетки?» — подумали исследователи из Норвежского университета науки и технологии во главе с Павлом Сикорски. И придумали технологию получения своеобразных матрацев, утыканных наноиглами. Алюминиевую фольгу с частицами меди нагревают в печи до 500°C, медь окисляется кислородом воздуха и превращается в невысокие иглы, которые отделяют от субстрата и переносят на стеклянную подложку. Затем на иглы наносят препарат и пытаются приколоть к ним клетки. С некоторыми это получается, другие же, как истинные йоги, на иглы не накалываются, а обтекают их. «Теперь наша задача — понять, как правильно накалывать клетки на иглы», — говорит Павел Сикорски.



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

Мышьяк и пиво

Фильтры могут стать причиной загрязнения.

Агентство «NewsWise», 5 апреля 2013 года

Согласно санитарным правилам ВОЗ, в литре питьевой воды должно быть не более 10 мкг мышьяка. А в немецком пиве, да и не только в нем, содержание этого элемента бывает и несколько выше. Откуда же он берется в конечном продукте, если его нет ни в исходной воде, ни в солоде, ни в хмеле? — таким вопросом задались исследователи из мюнхенского Технологического университета во главе с Мехметом Кулханом.

Они тщательно изучили все этапы пивоварения и нашли-таки виновника: минерал кизельгур, применяемый в фильтрах для очистки пива от частиц дрожжей и прочей мути. В некоторых его партиях было многовато мышьяка, и тот переходил в готовый напиток. «Концентрация опасного элемента в пиве не столь высока, чтобы вызвать опасения за здоровье, спирт, содержащийся в нем, гораздо вреднее. Но пивоварам, виноделам и другим изготовителям продуктов питания стоит перед использованием тщательно промывать кизельгур водой», — считает доктор Кулхан

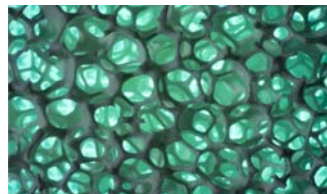
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Пена против кристалла

Случайное расположение пор улучшает работу автомобильного катализатора.

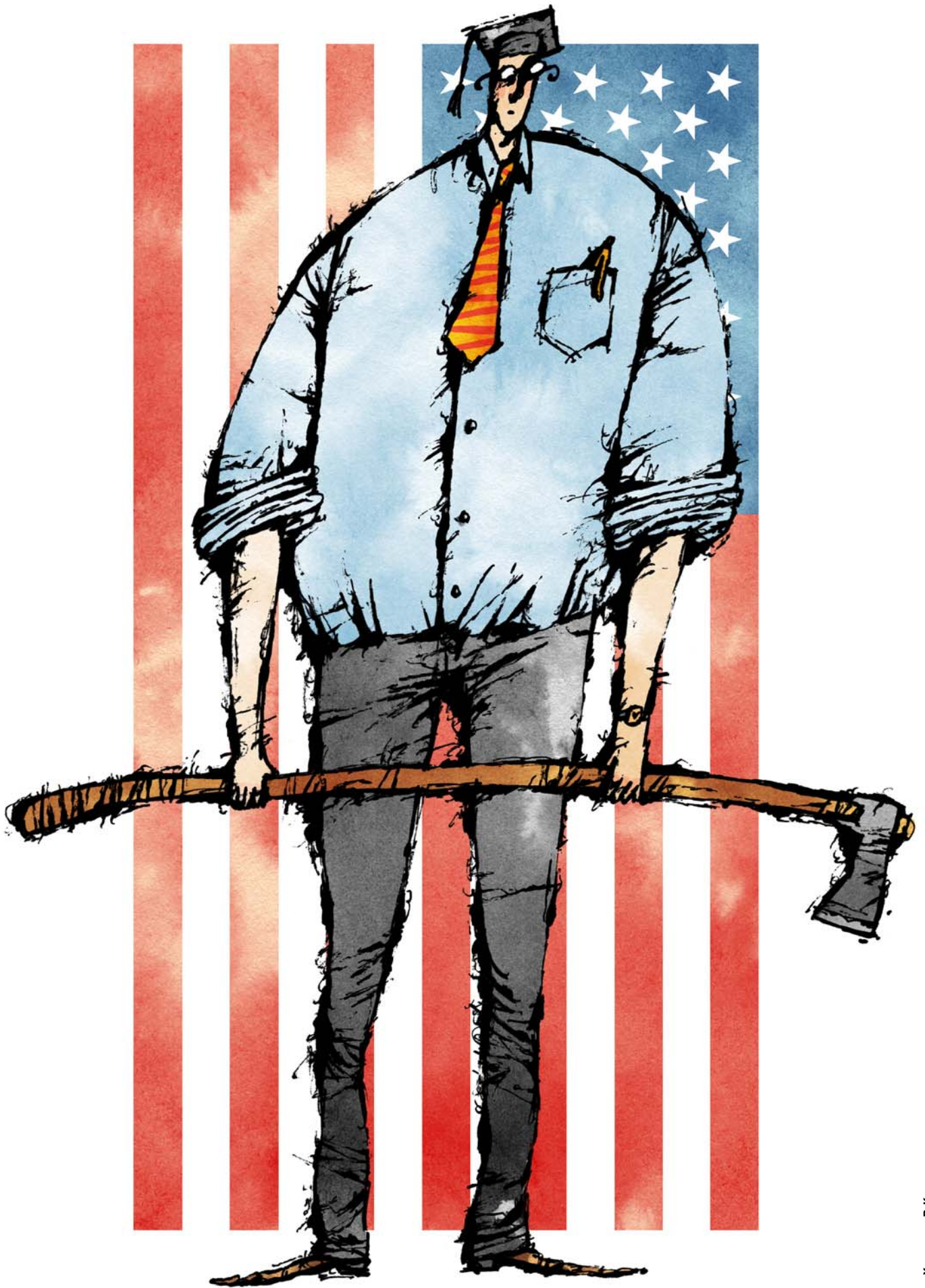
Агентство «AlphaGalileo», 25 апреля 2013 года

Ныне катализаторы для выхлопных газов автомобилей делают в виде правильной структуры, например, из шестиугольных ячеек, образующих регулярную укладку, подобную кристаллической. Как оказалось, эта укладка не оптимальна: выхлопные газы в большей степени проходят сквозь центральные ячейки, те работают на износ, а периферийные практически не участвуют в процессе (на фото справа). Драгоценная же платина, которая ускоряет распад вредных веществ выхлопа, нанесена и на их стенки.



Исследователи из лаборатории EMPA Цюрихского университета технологий во главе с Панайотисом Димополусом-Эггеншвилером заставили выхлопные газы равномерно распределяться по всему объему катализатора. Для этого они отказались от порядка в расположении пор и взяли керамическую пену (на фото слева). У нового устройства, которое сейчас проходит испытания, площадь поверхности меньше, соответственно, меньше и расход платины, а эффективность оказывается не хуже благодаря более равномерному течению газов. Считается, что это устройство очень пригодится для дизельных автомобилей, которые с 2014 года должны будут соответствовать стандарту Евро-6..

Над материалом работали: **С. Комаров, Т. Лазукина**



Чему стоит учиться? Американский ОПЫТ



ОБРАЗОВАНИЕ

Кандидат
химических наук

В.М.Хуторецкий

Какая работа и за какую зарплату нужна сейчас или будет востребована в США в обозримом будущем и чему, стало быть, стоит учиться, чтобы не оказаться высококвалифицированным безработным? Об этом рассказывает В.М.Хуторецкий в очередной статье, посвященной образованию в США. Зачем нам знать, как с этим обстоят дела в США? Трудовые тенденции во всем мире сходные, а статистика в США по своей полноте, доступности и систематизации не имеет ничего равного себе в России, к сожалению. Приводимые в статье цифры — ориентировочные: в США все настолько децентрализовано, что всегда найдется пример, выходящий за указанные рамки.

А стоит ли?

Все, о чем наши родители говорили, что это хорошо, — плохо: солнце, молоко, красное мясо, колледж.

Вуди Аллен

Нужно ли всем высшее образование? В сущности, и без него можно хорошо устроиться в жизни. Всегда были и будут работы, не требующие высокой квалификации. Хотя в целом она растет год от года во всех профессиях. Списки занятий для людей без высшего образования, потребность в которых возрастет к 2020 году, можно найти на сайте Департамента труда США (<http://www.bls.gov>). Можно на сайте «Kiplinger» посмотреть десятку специальностей, где достаточно школьного аттестата, а зарплата выше, чем средняя по стране (<http://portal.kiplinger.com>). Среди них — продавец, страховой агент, монтажник телекоммуникационного оборудования, строительный инспектор и др. В конце концов, сборщик бытового мусора в городах зарабатывает 16—20 долларов в час при средней почасовой оплате 26,8 (в Америке зарплата «синих воротничков» исчисляется в час, а «белых» — в год).

А как устраиваются выпускники колледжей и университетов? Исследователи из Ратгерского университета (штат Нью-Джерси) выпустили отчет с характерным названием «Несбывшиеся ожидания»: (<http://www.heldrich.rutgers.edu>). Они опросили 571 выпускника 2006—2010 годов из самых разных колледжей и обнаружили, что только 52% получили первую работу там, где действительно нужна степень бакалавра. Почти 40% зарабатывают гораздо меньше, чем они рассчитывали, когда выбирали свою специальность. Впрочем, больше половины опрошенных выпускников полагают, что они и будут зарабатывать меньше, чем их предшественники, лишь четверть надеется хотя бы на столько же. Тем не менее две трети довольны своим рабочим дебютом — рецессия, знаете ли.

Так стоило ли учиться? Академик всех академий мира, крупнейший математик XX века И.М.Гельфанд не то, что университета — школы не кончал. Марк Твен, Джек Лондон и Максим

Горький проходили «свои университеты» только в гуще жизни, и получилось совсем неплохо. А знаменитые «недоучки» Билл Гейтс, Марк Цукерберг и другие? А пока еще не очень знаменитые школьники Ник Д'Алоизо, в 17 лет создавший приложение для персональных дайджестов новостей к iPhone, которое Yahoo купила за 30 миллионов, и Джек Андрака, в 15 лет разработавший простой и точный способ диагностики некоторых видов рака?

Получать или не получать высшее образование — на этот вопрос каждый отвечает сам. И если вы уверенно говорите «Да!» — вперед. Я отнюдь не считаю, что учиться бессмысленно, нужно только решить для себя, что именно отвечает вашим интересам.

Учатся люди, чтобы получить работу, и желателен получше. Здесь у обладателей дипломов высшей школы явные преимущества. Если мы посмотрим на занятость людей в возрасте 25 лет и старше, то по данным Бюро трудовой статистики США за 2012 год она растет в ряду «не окончившие школу (39,3%) < окончившие только школу (55%) < двухлетний колледж или эквивалент техникума (63,7%) < четырехгодичный колледж и выше (72,9%)».

А зачем они работают? Большинство таким образом зарабатывают на жизнь; для других труд и получение знаний стали потребностями сами по себе. Некоторые так богаты, что вполне могли бы и не работать, однако продолжают. Их не так уж мало: число миллионеров в США в 2011 году достигло рекордной цифры 3,1 миллиона — 1% населения. Причем речь идет о банковском счете, в эту сумму не входят цена дома, в котором живет миллионер, и его личная собственность.

Доля работающих в населении США среди людей старше 18 лет составляет примерно 59%, остальное — неработающие матери, заключенные, учащиеся, инвалиды и те, кто получают пособия и пенсии. Сюда не входят безработные (около 8—9%), которые живут на временное пособие. Формально постоянное пособие полагается только тем, кто работать не может, но на практике к ним причисляют множество тех, кто работать и не пытается, зачастую просто не хочет, и общество с этим мирится. Может, оно и к лучшему — они такого могут наработать с непривычки...

Что же такое хорошее образование в свете сказанного? Это индикатор, сигнал, по которому работодатель выбирает лучшего из претендентов на вакансию. Конечно, едва ли не главную роль здесь играют рекомендации, но ведь на то и хорошее образование, чтобы завязать связи с нужными людьми. А дальше работает идея, что чем выше репутация колледжа и оценки к дипломе, тем выше шансы, что именно этот человек сможет хорошо выполнять будущую работу.

Что было, что есть?

*Гадает ветренная младость,
Которой ничего не жаль,
Перед которой жизни даль
Лежит светла, необозрима...*

А.С.Пушкин. Евгений Онегин

Каждый хочет получить работу с высокой оплатой. А кому сегодня платят больше всего? Певцам, киноартистам, футболистам, баскетболистам? Так, да не совсем так. Средняя зарплата

по стране в 2011 году составляла 42 980 долларов (<http://www.ssa.gov>), так что 50 тысяч в год — средний заработок артиста, включая звезд с миллионными гонорарами, — совсем не велик. В кордебалете, массовках и тематических парках работает гораздо больше актеров, чем сверкает на вручении «Оскаров».

Спортсмену в малозрелищном виде спорта платят 30—40 тысяч долларов в год, если он входит примерно в первую двадцатку мира; больше, если в пятерку. Соревнования колледжей по футболу (американскому, конечно) и баскетболу давно превратились в большой бизнес: их широко транслируют по ТВ, они собирают огромные стадионы и полные залы зрителей. Однако студенты, выступающие за эти команды, не имеют права получать живые деньги, иначе будут считаться профессионалами. Правда, если они представляют свой университет на соревнованиях первого или второго дивизионов, их могут полностью или частично освобождать от всех видов оплаты за пребывание в вузе (обучение, жилье, питание, учебники). В отличие от игроков, тренер успешной футбольной команды, к примеру, университета штата Огайо получает 4 миллиона в год, никакому профессору такая зарплата и не снилась.

Эти игроки (их число в колледже ограничено правилами) обычно берут часов 8—10 в неделю учебной нагрузки (для них минимум — 6, тогда как для обычных студентов — 12) и могут играть за колледж не более шести лет. Дальше их путь — в профессионалы (если, конечно, они остаются целы и выдерживают жесточайший отбор) или в менеджеры, тренеры и т.п. Из 5 500 игроков первого дивизиона мужского университетского баскетбола в профессионалы в 2011 году попали 50. Не очень все это на поверку заманчиво, давайте поищем другой путь.

Уважаемый «Уолл-стрит джорнэл» опубликовал в апреле 2012 года список 200 работ, отсортированных по сумме пяти критериев: низкая физическая нагрузка, приятное рабочее окружение, хороший доход, минимальный стресс на работе и хорошие карьерные перспективы. В первые 15 вошли программист, актуарий (специалист по оценке деловых рисков), работник отдела кадров, помощник зубного врача, финансовый планировщик, аудиолог (врач, работающий с нарушениями слуха), специалист по гигиене труда, специалист по интернет-рекламе, компьютерный системный аналитик, математик, логопед, оптометрист, врач по лечебной физкультуре, фармацевт и разработчик веб-сайтов. Лесорубы, подсобные рабочие и военные (в США все солдаты — контрактники) заняли три последних места. Хотя подавляющее большинство лучших работ списка и требуют высшего образования, но в основном это виды деятельности, не связанные с ответственностью или принятием решений. Уклон, похоже, сделан в сторону покоя и

Таблица 1
Выпуск бакалавров по наиболее массовым специальностям в 2011 году

Специальность	Количество выпускников-бакалавров	Стартовая зарплата/год, тыс. дол.
Бизнес	358 293	48
Социальные науки и история	172 780	30 – 31,5
Здравоохранение и смежные дисциплины	129 634	45
Образование	101 265	38
Психология	97 216	~38
Изобразительное и исполнительское искусство	91 802	
Биологические и биомедицинские науки	86 400	~35
Медиа, журналистика и сходные программы	81 266	40
Инженерное дело	72 654	62
Английский язык и литература	53 231	35,5
Классические науки и искусства, гуманитарные дисциплины	46 953	35,5
Национальная безопасность, исполнение законов и борьба с пожарами	43 667	~50–70
Компьютерные и информационные науки	39 589	61
Междисциплинарные исследования	37 648	
Парки, отдых, свободное время, фитнес	33 318	

По данным http://nces.ed.gov/programs/digest/d11/tables/dt11_286.asp, <http://money.cnn.com/2012/01/12/pf/college/salaries/index.htm>

стабильности, если не сказать застоя. Где же все-таки американские студенты ищут счастья и карьеры?

В таблице 1 приведены наиболее массовые специальности, по каждой из которых в 2010 году было выпущено более 30 тысяч бакалавров из общего числа 1 650 014, и стартовые зарплаты (не буду больше повторяться — все это в США). Данные по зарплате, помеченные знаком ~, собраны из разных источников. Замечу, что приводимые далее цифры относятся к работе с полной занятостью, тогда как многие американцы предпочитают или вынуждены работать неполный день или неделю.

Какие специальности, приведенные в таблице, выигрывают в денежном отношении? Инженерное дело и компьютерная наука; в меньшей степени бизнес и здравоохранение. Однако вместе взятое количество выпускников в первых двух категориях меньше, чем выпуск одного только медперсонала, не говоря уже о самом массовом разделе — бизнесе. Поражает размах выпуска по специальностям, которые, казалось бы, не играют ключевой роли в процветании общества (медиа, психология, язык и литература, историко-социальные науки, искусство и науки о нем), — свыше полумиллиона в год, треть общего

Таблица 2
Занятость бакалавров (выпуск 2008 года) в 2009 году

	Всего	Бизнес	Инженер	Математика, компьютерные науки	Образование	Социальные службы	Здравоохранение	Социальные науки	Биологические и физические науки	Гуманитарные науки	Психология	История
Занятость (%)	65.0	76.7	76.1	75.1	70.7	69.8	68.5	61.2	49.0	47.6	46.6	46.1
Средняя зарплата, (изменение в % к 2001 г.)	41,9 (-3,9)	45,3 (-10,2)	54,9 (-7,0)	50,9 (-12,8)	30,5 (-10,0)	34,8 (+4,9)	49,9 (+2,8)	38,0 (-8,9)	35,7 (-6,3)	31,5 (-24,5)	31,4 (-11,5)	36,2 (-2,1)
Медианная зарплата	37,6	40,7	55,1	48,5	28,5	31,7	46,6	35,0	34,9	27,7	29,8	32,0

(Химия входит в биологические и физические науки; зарплата в тысячах долларов в год; медианная зарплата означает, что 50 % получают больше, 50% — меньше; обычно после года успешной работы дают 10%-ную прибавку; источник — http://nces.ed.gov/programs/digest/d11/tables/dt11_404.asp)

числа. Что же касается 100 тысяч выпускников для системы образования, то это количество не кажется чрезмерным, потому что в системе образования, от детского сада до университета, работают более 10 миллионов американцев.

Раздел «Физические науки», куда входят астрономия, геология и химия, в таблице отсутствует — не набирает он достаточного количества выпускников: в 2010—2011 учебном году их общее число достигло лишь 24,7 тысяч, не включая биохимиков и биофизиков, которых относят к биологии. Средняя стартовая зарплата выпускника-химика, согласно «Chemical and Engineering News» (2012, 90, 23, 36-38, <http://cen.acs.org>), составляла 40 тысяч долларов в год. Почти все дипломированные химики (88,1%) заняты на постоянной работе, а безработных немного — 3,8%. Очень неплохо. Студентка четвертого, выпускника, курса химико-технологического отделения Университета Карнеги—Меллона рассказывала мне, что о проблемах с безработицей выпускников этого отделения она не слышала, все устраиваются. Кстати, там, где в таблице 1 упоминаются слова «наука» и «исследования», речь, скорее всего, идет о работе на должностях, которые в России называют «лаборант» или «техник», в отличие от научного сотрудника.

Практически во всех специальностях ежегодное количество выпускников за последние сорок лет или постепенно растет, или остается примерно постоянным. Исключение одно, но какое! В 2004 году было выпущено 59 488 компьютерных профессионалов, в полтора раза больше, чем в 2010-м. И это в наш-то век всесторонней компьютеризации. Причина спада — лопнувший в начале 2000-х пузырь интернет-компаний. Число выпускников по этой специальности начало расти в 2009 году и за два последующих года увеличилось сначала на 4%, а затем на 8%.

Количество бакалавров среди граждан от 25 до 34 лет растет в США примерно на один процент в год и сейчас достигло 40%. Другое дело, сколько из них находят работу вообще и сколько за нее получают (таблица 2).

По сравнению с 2001 годом зарплата несколько выросла только у работников здравоохранения и социальных служб. Во всех остальных категориях она упала, причем у гуманитариев сильно, на 25%. Сравнение получается более пессимистическим, чем оно, вероятно, есть на самом деле: 2001 год — наиболее благополучный, а 2009-й — худшее время «Великой рецессии», однако более свежие данные по профессиям пока не вышли.

Увы, всю правду, как это часто бывает со статистикой, эти таблицы не говорят. Целый ряд массовых профессий только начинается с более высоких степеней, чем бакалавр. Скажем, адвокатом или практикующим врачом может быть только выпускник (магистр), сдавший дополнительные, послевузовские экзамены. Чаще всего они называются докторами в специфических областях занятий: юриспруденции (Juris Doctor, J.D.), фармации (Pharm.D.), медицины (Doctor of Medicine, M.D.) и множестве других. Чтобы начать работать по специальности (уже имея эту степень), требуется последующее лицензирование с экзаменом (часто не одним), а в медицине — еще и длительная резидентура (аналог интернатуры в России), так что в сумме получается существенно выше магистра, что и дает право на обращение к ее обладателю «доктор такой-то».

Последние годы статистика не делает различия между этими профессиональными степенями и PhD. Отличие «MD» от «PhD in medicine» состоит в том, что первый лечит пациентов, а второй — проводит исследования в этой области, но лечить не имеет права, если только не обладает обеими степенями. PhD — самая высокая академическая степень в Америке, и для ее получения нужно защищать диссертацию. Однако работа лечащих докторов обычно оплачивается выше, чем исследовательских. Что же касается медработника с образованием бакалавра, то это или администратор, или медсестра, хотя и не обязательно женского пола.



Вы заметили, что в таблицах нет специальности «юрист»? А ведь в США свыше 1,1 миллиона действующих адвокатов, 0,36% всего населения, или один на 300 человек. Больше, чем врачей (1:417)! Но в юридическую и медицинскую школу поступают, имея в кармане диплом бакалавра совсем по другой специальности. В медицину чаще других приходят с дипломом биолога, а в адвокаты — уж совсем с разными: английский язык, история, гуманитарные науки и т.п.

Резонный вопрос: а что же молодые люди не идут в компьютерное и инженерное дело, если там такие хорошие зарплаты и перспективы? Лучшим выпускникам ведущих компьютерных школ предлагают шестизначную зарплату уже в первый год работы. Ответ простой: не тянут. Даже если выпускник ничем не выдающейся американской школы проходит в хороший колледж на эти дисциплины, он зачастую вынужден переходить на менее перспективные специальности, на которых его уровень подготовки достаточен.

Таблицы отражают фактическую структуру выпусков высшей школы по специальностям. Эту картину во многом определяют люди, особо заинтересованные в счастливом будущем студентов, — их родители. Они, конечно, не обязательно эксперты в экономике и образовании, но они зачастую оплачивают обучение и сильно влияют на выбор детьми профессии. Их мнение сводится к весьма привычному, хотя и не очень убедительному, краткому списку: компьютерная наука, уход за пациентами, инженерное дело, психология, биология, бухгалтерское дело. Его проверка показывает, что продолжающийся быстрый рост числа выпускников по биологии и психологии трудно объяснить иначе, чем инерцией мышления: то, что было очень популярно вчера, будет востребовано и завтра. Если бы так просто...

Что будет?

*Господа, деньги у нас кончились. Пора начать думать.
Эрнест Резерфорд*

Понятно, что сколь угодно обширная статистика прошлого позволяет всего лишь экстраполировать, причем не слишком надежно, современность в будущее, но ведь и заглядывать мы будем от силы на десять, скорее на пять—семь лет вперед. В Бюро трудовой статистики США (BLS) считают такой срок прогнозирования приемлемым.

BLS публикует свои десятилетние прогнозы раз в два года (<http://www.bls.gov/ooh/occupation-finder.htm>). Можно сопоставить его предсказания на 2018 и 2020 годы. Первое, что бросается в глаза: на 2018 год прогнозировалось, что 60% работ будут требовать какой-то формы обучения после школы (не обязательно высшего образования), а на 2020-й, после кризиса 2008 года, эта доля уменьшилась до 50%. Второе, общее для обоих прогнозов, — стремительный рост количества работ, связанных с компьютеризацией. Почти 75% прироста новых рабочих мест в STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) к 2018 году будет в области компьютерной науки. Сопоставление в этом прогнозе числа новых рабочих мест и числа выпускаемых бакалавров

показывает трехкратную нехватку компьютерных профессионалов и четырехкратное перепроизводство специалистов в науках о живом. Предсказываемая численность населения США на 2020 год — 337 миллионов, прирост почти 9% от 2010 года.

По прогнозу «Интуит» (Intuit — софтверная компания, известная своей программой Турботакс, позволяющей самостоятельно заполнять сложнейшие американские налоговые декларации), к 2020 году более 40%, или 60 миллионов, работоспособных американцев будут или работать индивидуально — рисовать картины или играть на бирже на личные деньги, или выполнять работы по согласованному с клиентом заказу — строить ему дом, вести фотосъемки свадеб, проектировать одежду, сады, чинить что-нибудь в саду или в доме, или будут заняты на временной работе.

Начинающийся массовый выход на пенсию послевоенного поколения бэбибумеров создает небывалый и все растущий спрос на медицинские услуги. Подготовка многочисленного низшего персонала, обеспечивающего уход за больными на дому, не требует длительного обучения — всего месяц-два. Спрос на него восполняют новоприбывшие эмигранты (не всегда легальные) или местные жители, не имеющие достаточного образования для квалифицированной работы. Среднетехнический персонал вроде массажистов, лаборантов-аналитиков, исполнителей разного рода рутинных процедур (рентгенография, МРТ, УЗИ, ЭКГ и т.п.) можно подготовить за несколько месяцев — год, в зависимости от интенсивности обучения. Ориентир их начального заработка — 40 тысяч долларов в год. Квалифицированная медсестра — это специалист с четырех- или двухлетним колледжем и хорошей зарплатой (около 65 тысяч/год); на них существует постоянный спрос даже в крупных городах. В не самом большом штате Нью-Джерси такие сертификаты имеют 134 тысячи человек, это 15 специалистов на тысячу душ населения.

Острейшая и кажущаяся пока неразрешимой проблема, как ни смешно это звучит применительно к США, — нехватка докторов. Их не хватает уже сейчас, особенно в местностях с разреженным населением, а дальше будет хуже. Нынешняя реформа здравоохранения предполагает, что число застрахованных увеличится на 46 миллионов, а взять врачей негде: подготовка терапевта занимает 12 лет после окончания старшей школы, специализация — это еще три-четыре года. Да и стоимость обучения заоблачная: обычный долг выпускника по окончании медицинского обучения — 140—300 тысяч долларов, а ведь за этот долг еще и процент надо платить.

Если в других дисциплинах дефицит специалистов восполним за счет приглашения иностранцев, то с медициной это не так просто. Иностранному медику для получения лицензии нужно пройти трудную процедуру, обычно предусматривающую несколько экзаменов (на что уходит примерно год) и стажировку в госпитале (3—4 года с мизерной оплатой, 10—12 часов работы в день шесть дней в неделю). Не говоря уже о требованиях к знанию языка.

Оплата труда терапевта вполне достойная, обычно выше 100 тысяч в год (у специалистов — гораздо выше), но страховые компании платят по своим расценкам, поэтому зачастую медики, в условиях их дефицита, выгоднее не принимают страховки, особенно государственную Medicare, и работают по тем ценам, которые они считают справедливыми. Частные врачи, которых большинство, вынуждены сами страховать от своих возможных медицинских ошибок, содержать штат помощников (у окулиста, к которому я хожу, работают пять медсестер и три регистраторши), покупать или арендовать помещение и оборудование, что стоит им больших денег. Короче говоря, получается, что реформа будет, но осуществлять ее некому. В 2020 году выпуск врачей увеличится всего лишь на 20—30% от нынешнего, а дефицит составит 45 тысяч терапевтов и примерно столько же врачей-специалистов.

Специалистов по бизнесу тоже станет больше, и с их подготовкой особых проблем, кроме высокой цены обучения, не возникает. Однако на программу MBA (Master of Business Administration) в престижную школу обычно поступают как минимум после двух лет работы, в среднем — после пяти. Просто с улицы никого не берут: твой непосредственный шеф, твой коллега и твой подчиненный должны написать рекомендации, которые поступающему не показывают. Из этих документов должно следовать, что у тебя есть потенциал для роста. Обучение примерно трети учащихся оплачивают их работодатели без всяких формальных обязательств остаться на этой работе по окончании учебы. Получение степени MBA в пристойной школе стоит никак не менее 50 тысяч (для жителей этого штата в университете штата, обычно — 100—200 тысяч. Если приходится не только учиться, то это занимает больше двух лет. Скажем, в Беркли трехгодичная программа MBA с занятиями по вечерам и выходным стоит сейчас 71 тысячу долларов в год. Обычный долг выпускников этих школ по окончании редко меньше 70 тысяч, но вот он-то окупается сравнительно быстро. Ключевое слово здесь было «в пристойной». Знакомый афроамериканец, не претендующий на ведение бизнеса в США, получил эту степень за два года при обучении онлайн (попросту говоря, заочно), заплатив в сумме 25 тысяч. Но он пользуется ею только в Кении, где американский диплом любого вуза все равно смотрится солидно.

В США насчитывается 91 тысяча дипломированных химиков, к 2020 году их станет ненамного больше, прирост будет ниже, чем в среднем по всем профессиям. Такова жизнь. Обидно другое: физиков, биофизиков и биохимиков BLS рассматривает только с уровня PhD, а для химика считают, что и бакалавр сойдет, хотя для научной работы рекомендуется более высокая степень. Вообще для инженеров всех видов необходим и достаточен уровень бакалавра.

К 2018 году в STEM ожидается нехватка 230 тысяч человек с высшими степенями (магистр и доктор). В мае 2012 года в Конгресс США внесли законопроект, который предусматривает упрощенную процедуру получения вида на постоянное жительство и права на работу (грин-карты) для иностранных специалистов, получающих такие степени в американских университетах. Австралия, с населением в 14 раз меньшим, выдает сейчас держателям этих степеней столько же разрешений на жительство, сколько и США.

Руководители 165 ведущих университетов написали президенту страны, что трудности с получением грин-карт для лучших специалистов, выпускаемых лучшими вузами мира (подавляющее большинство которых принадлежат США), представляют угрозу американскому превосходству в сфере инноваций и процветания. В письме отмечалось, что в вузах США по инженерным дисциплинам, математике, компьютерным и физическим наукам иностранцы составляют 45% выпускаемых магистров и 52% докторов (<http://www.renewoureconomy.org>). «В глобальной экономике мы не можем себе позволить давать образование этим специалистам, а затем просто отсылать их обратно, чтобы они работали на наших конкурентов». И что же? Не буду вдаваться в перипетии борьбы вокруг нового закона, но сейчас он, кажется, близок к тому, чтобы стать частью широкой иммиграционной реформы, которую поддерживают и обе партии, и лидеры крупнейших высокотехнологических компаний.

Поскольку предсказывать землетрясения, поведение политиков и экономические катаклизмы никто пока толком не умеет, то и значимость статистических прогнозов ограничена. Они говорят о том, что с высокой вероятностью будет, если ничего неожиданного не случится. Чтобы все же заглянуть в будущее, несмотря на эти самые неожиданности, можно использовать два подхода: сценарный и инициативный.

Сценарный подход рассматривает несколько альтернативных вариантов будущего, ни один из которых не служит прямым предсказанием. В основе выбора сценария лежат прицел на

далекую перспективу, анализ того, что происходит или будет происходить вовне, чтобы понять, что ждет твою конкретную организацию или область деятельности, и множественность перспектив. Сигналом к выбору служат явные признаки активного развития той или иной перспективы (http://www.gbn.com/about/scenario_planning.php). Такой подход давно используют в бизнесе, где ошибка в предсказании может привести к краху.

В последнее время сценарный подход начали применять и к образованию, например: (<http://www.microsoft.com/education/highered/whitepapers/scenario/ScenarioPlanning.aspx>). Хотя эта работа касается больше формы обучения, чем его направления, она заслуживает вашего внимания.

Есть масса сценариев с различной степенью компьютеризации образования. Едва ли онлайн-обучение станет генеральной линией. Давным-давно MIT (Массачусетский технологический институт) и Гарвард выложили в Интернете свои лекционные материалы. И что, разве студенты перестали рваться в эти вузы и заочно учатся только по этим лекциям? Другое дело — интерактивное дистанционное обучение. Здесь возможны варианты, начиная с телеконференций вместо очных лекций и семинаров и кончая использованием симуляторов вместо реальных дорогостоящих приборов, как это широко практикуется при обучении летчиков или операторов беспилотников.

Инициативный подход — это меры по целенаправленному изменению будущего, требующие специальных осознанных усилий. Наиболее известный пример такого рода — знаменитое письмо крупных ученых, среди которых был Эйнштейн, президенту Рузвельту о необходимости разработки атомного оружия, изменившее, не побоюсь этого слова, ход мировой истории. Мы здесь отметим предложения по развитию американских исследовательских университетов, выдвинутые в 2012 году под эгидой Национальной академии наук (<http://www.nap.edu>).

Исследовательские — это такие университеты, которые не только уделяют большое внимание исследованиям, но и получают на них не менее 40 миллионов долларов в год от федерального правительства, готовят по всем степеням, от бакалавров до докторов (PhD), причем последних — не менее 50 в год. Таких университетов в США больше 600, однако львиную долю государственных ассигнований получают примерно 150 из них (<http://mup.asu.edu/research2011.pdf>).

Американские исследовательские университеты считаются лучшими вузами в мире. Бывший замдиректора по научной работе Колумбийского университета Джонатан Коул в «The Chronicle of Higher Education» (2010 г., <http://chronicle.com>) перечисляет лишь некоторые изобретения и открытия, сделанные в этих университетах и изменившие мир. Это лазер, магнитно-резонансные изображения (MRI), частотно-модулируемое радио (FM), алгоритм поиска Google, система глобального позиционирования (GPS), определение личности и родства по ДНК, слежение за внутриутробным развитием эмбриона, бар-коды, транзисторы, суперкомпьютеры, научная система разведения скота, улучшение прогнозов погоды, надежные методы определения общественного мнения. Однако сейчас университетам осложняет жизнь не только все возрастающая конкуренция в других странах — растет финансовое давление, меняются демографический ландшафт, появляются все новые научно-технические направления, требующие внимания.

Ничего необычного и неожиданного в этих предложениях нет. Авторы призывают в течение десяти лет увеличить расходы на науку до 3% валового национального продукта, ликвидировать бюрократические препятствия при финансировании и отчетности по нему, увеличить участие региональных властей и корпораций в финансировании науки, особенно фундаментальной. Звучит знакомо. Однако отношения научного сообщества с правительством здесь иные. Именно эти предложения заслуживают особого внимания потому, что предыдущий



проект примерно тех же организаций-участников привел к принятию в 2007 году закона America COMPETES. Согласно этому закону, государство на бюджетный год предоставляет финансирование исследованиям и разработкам, которые направлены на улучшение конкурентоспособности США. Его регулярно продлевали во все последующие годы. Есть хорошие шансы, что и нынешние предложения если и не будут приняты целиком, то не останутся втуне.

Чем сердце успокоится?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно задать много других. Где лучше учиться — поближе к дому или там, где самый высокий уровень исследований? Когда учиться — чем раньше, тем лучше, или годик-другой пообтереться и приглядеться? Опять же деньги, проклятые, спать не дают: как учиться — онлайн, совмещая с работой, или очно? А вопрос «чему стоит учиться» лучше решать по старинке, более эмоционально: к чему есть расположение, что занимает ум и будит воображение.

Компьютерные науки, бизнес, инженерное дело, медицина и образование определено заслуживают внимания, если есть какая-то склонность к ним. Между собой эти занятия связаны в разной степени, но компьютеры явно играют все большую роль во всех иных отраслях. Торговля акциями и товарами уже немыслима без них. Инженеры давно компьютеризировали и роботизировали массовое производство машин и электроники, но трудно себе даже представить, какие изменения произойдут в обществе, когда автомобили без водителя, повсеместно выйдут на улицы и дороги. Программа Watson (IBM) уже обыграла суперчемпионов популярной интеллектуальной игры Jeopardy, где, в отличие от строгих шахматных правил, многое зависит от субъективного понимания вопроса и ассоциативного мышления. Ее создатели не скрывали, что делали эту систему не только для игры — на очереди общение с пациентами и постановка диагнозов. Роботы-хирурги, управляемые человеком за компьютером, только в США провели в 2012 году 367 тысяч операций. Применение компьютеров быстро прогрессирует в образовании и научно-технических переводах, особенно на трудные для западного пользователя языки или с них. Это я не к тому, что надо всем изучать именно и только компьютерные науки. Просто общество в целом и востребованные в нем профессии стремительно изменяются, в частности компьютеризируются, а единственная непреходящая ценность — это способность быстро учиться.

Автор благодарен Ирине Массовой и Даниэле Плисс за поправки и дополнения, которые он был вынужден сделать после обсуждения с ними черновика статьи.



Лавина идет

Высшее образование и грядущая революция

Весной этого года Институт общественно-политических исследований в Великобритании (IPPR) опубликовал доклад, или эссе, под названием «Лавина идет». Высшее образование и грядущая революция». Его подготовили трое авторов — Майкл Барбер (Michael Barber), Кейтлин Доннели (Katelyn Donnelly) и Саад Ризви (Saad Rizvi).

Все они — известные специалисты в области образования. Кейтлин Доннели, выпускница Университета Дюка, работает исполнительным директором «Pearson PLC» — крупнейшей образовательной компании и крупнейшего издателя в мире со штаб-квартирой в Лондоне. Ризви, выпускник Йельского университета, также работает в «Pearson PLC». Он консультировал страны Азии, Африки, Европы и Северной Америки в связи с реформами образования. Но пожалуй, первая скрипка в этом трио — сэр Майкл Барбер, широко известный в мире идеолог образовательных реформ в Великобритании. Он был советником Тони Блэра, в разное время консультировал правительства США, Австралии, России, Эстонии и Гонконга, а также Всемирный банк и ВМФ по вопросам государственной политики в области образования. Важно, что авторский коллектив объединил людей разного возраста. Майкл Барбер получал образование в 60–70-х, Кейтлин и Саад — на рубеже веков. По уверению авторов, диалог поколений, сопровождавший подготовку этого текста, был чрезвычайно плодотворным.

О чем это эссе? О том, что система высшего образования, как и школьного, должна меняться, и чем быстрее, тем лучше, иначе лавина перемен, происходящих в мире, может ее попросту снести и уничтожить. Мировой экономический кризис, напряженность в международных отношениях, огромный и все растущий разрыв между богатыми и бедными, климатические изменения, распространение оружия массового уничтожения... «Сегодня, больше, чем когда-либо, мы нуждаемся в лучше образованном поколении в самом широком и глубоком смысле этого слова. Нам нужны граждане, готовые взять на себя личную ответственность за себя и за мир вокруг, желающие и умеющие учиться и переучиваться в течение всей жизни, готовые взять самое лучшее знание и применить его к проблемам настоящего и будущего». Подготовка такого поколения — миссия университетов. И, судя по тому, что предисловие к докладу написал Лоуренс Генри Саммерс, почетный президент Гарвардского университета и Председатель национального экономического совета США, университетское сообщество разделяет предложенные в нем оценки и идеи.

Авторы не претендуют на всеохватность своего экспертного взгляда. По их мнению, эссе больше похоже на живописный импрессионистов, где вниманию уделено картине в целом, а не деталям. Здесь мы познакомим читателей с первой частью доклада в сокращенном пересказе — с признаками грядущей революции в высшем образовании, как видят их авторы, с причинами, которые делают ее неизбежной. Этот взгляд не бесспорен, но интересен и полезен для нас, поскольку глобализация в образовании коснулась и России. В следующем номере мы узнаем, какие возможные решения предлагают авторы, хотя, как пишут они сами, одного и единственно правильного решения нет. Задача авторов — вызвать дискуссию и потревожить самоуспокоенность университетов.

Под поверхностью

Норман Дэвис, уважаемый историк, известный, впрочем, своими спорными гипотезами, в недавнем интервью «Financial Times» так обрисовал природу и механизм исторических изменений: «Исторические изменения подобны лавине. Отправная точка — заснеженные вершины гор, которые выглядят непоколебимыми. Но под этой сияющей твердой поверхностью постоянно происходят невидимые глазу изменения. Там что-то готовится, что-то грядет. Однако невозможно сказать точно, когда это случится...»

Ничто не выглядело более застывшим и невосприимчивым к революционным изменениям, чем Советский Союз эпохи Брежнева в 1980 году, но чуть более десятилетия спустя СССР исчез. Гегемония католической церкви в Ирландии выглядела столь же непоколебимой еще в 1990 году, но два десятилетия спустя исчезла и она. Знаменитый американский инвестиционный банк «Lehman Brothers», в котором мечтали работать лучшие выпускники университетов еще в 2007 году, буквально через год обанкротился.

Возможно, сегодня, с высоты прошедших лет, мы могли бы увидеть и назвать предвестники этих катаклизмов. Как говорят в России, знал бы, где упаду, соломки бы подстелил. Однако для всех этих трех случаев в свое время были люди, которые указывали на проблемы, предлагали пересматривать стратегии, но их не слушали.

Вот и сейчас ничто не выглядит более прочным и фундаментальным, чем традиционные университеты. Посмотрите на классическую архитектуру и дорические колонны в кампусах Йеля или Гарварда, на незабываемую, средневековую архитектуру колледжей в Оксфорде или Кембридже. Посмотрите на строительный бум, который охватил университеты по всему миру, на эти фантастические лаборатории, библиотеки и жилые помещения, которые появились в последние два десятилетия. Посмотрите, как необычайно расширились научные исследования в последние 30 лет, поскольку правительства и предприятия поняли их важность для будущего экономического роста. Посмотрите, как быстро растет число студентов и выпускников университетов. Еще недавно (в 70-х годах) в университеты поступали только 14% выпускников школ в Великобритании, а теперь — каждый второй!

Похоже, сегодня мы наблюдаем наивысший расцвет университетов, работающих по выкройке, созданной в XX веке. Горы и впрямь выглядят солидно. Но под этой сияющей поверхностью идут изменения. Они невидимы, но неотвратимы. Лавина грядет. Трудно сказать, когда именно начнется ее разрушительный сход. Это может произойти раньше, чем мы думаем. Поэтому нет лучшего времени, чем сейчас, чтобы попытаться понять, что ждет высшее образование уже завтра. И подготовиться к сходу лавины.

Новая реальность бросает вызов университетам XX века и потрясает их до основания. Эта лавина действительно может погубить университеты. Какие же факторы ее формируют? Авторы называют шесть основных причин, которые заставят университеты пересмотреть свою стратегию.

1. Мировая экономика меняется

Глобализация в сочетании с новыми технологиями преобразует мировую экономику. Повсеместное распространение знаний и близкая к нулю стоимость их распространения создают то, что Томас Фридман, известный американский журналист и писатель, называет «плоским миром». Согласно Т.Фридману (его книга «Плоский мир: краткая история XXI века» переведена и издана в России в 2006 году), уникальность современной ситуации заключается в том, что с развитием современных технологий в процесс глобализации включились не только государства и транснациональные корпорации, но и отдельные индивиды и небольшие группы людей. Темпы инноваций ускоряются. Мы стали свидетелями невероятных изменений в течение последних двух десятилетий, но, как поется в старой песне, «вы еще ничего не видели». Экономическая мощь смещается к востоку: вклад Азиатско-Тихоокеанского региона в глобальный ВВП за последние 50 лет вырос с 9,1% до 22,8%. Уже сейчас Интернет изменил едва ли не каждую отрасль бизнеса — даже каменщики в Великобритании покупают камень из Индии онлайн, чтобы оставаться конкурентоспособными. Уже и такие продукты, как авиационные двигатели, авиакомпаниям продают не как продукцию, но и как услугу — постоянное обслуживание двигателей в течение 15 лет. Обилие различных баз данных означает, что предприятия и клиенты могут сравнивать, совершенствовать и улучшать продукты и услуги ежедневно. Однако грядущая революция будет еще более драматичной.

Скрипка, которую напечатали на 3D-принтере в Эксетерском университете, бумажник MIT Media Lab, который знает, сколько у вас денег на банковском счете, и не позволит тратить больше, компьютеры, встроенные в очки, чтобы Google всегда был перед глазами, и часы, измеряющие пульс, — они уже здесь, рядом с нами. Три штата США — Калифорния, Невада и Флорида — узаконили самоуправляемые автомобили. Не говоря уже о биотехнологической революции.

Перспективы системы образования, школьного и высшего, несомненно, зависят от процессов, происходящих в мире. Университетам, как и любым другим секторам экономики, неизбежно придется пересматривать свою бизнес-модель. Во-первых, университеты, работающие с молодым поколением, зависят от рождаемости, и можно ожидать, что давление этого фактора, неблагоприятного для университетов, будет только нарастать. Во-вторых, изменились природа и структура спроса на навыки и знания рабочей силы: с каждым годом растет спрос на хорошо образованных, творческих, одаренных воображением, уверенных в себе людей, которые могут нести личную ответственность и «пройти лишнюю милю». Конечно, несколько учеников в каждом выпускном классе впоследствии станут учеными — благородное призвание! А как же остальные, то есть подавляющее большинство, которым нужно будет найти что-то еще, те, кто будет все реже и реже заполнять существующие рабочие места и все больше и больше создавать рабочие места для себя и других?

В то же время глобализация не только привносит биоразнообразие в популяции разных стран, особенно в крупных городах, но и повышает количество потенциальных студентов, которые присматриваются к предложениям лучшего высшего образования по всему миру. Подобно тому как маркетинговая изменила целые отрасли в последние три десятилетия, так и сейчас она преобразует высшее образование не только внутри стран, но и в мире. Эта тенденция будет усиливаться, поскольку государственное финансирование высшего образования во всем мире снижается и заменяется частным в форме кредитов или прямых выплат. Когда Саад (один из авторов этого эссе) выбирал для себя университет, он искал его в Пакистане, США, Великобритании... Расположение не имело значения — только качество обучения, предоставляемые возможности и размеры финансовой поддержки.

Мировая экономика неуклонно увеличивает спрос на специалистов в области науки, технологий, инженерии и математики (STEM), поэтому студенты, которые хорошо учились

в школе и которые хорошо мотивированы к занятиям в этих областях, становятся все более востребованным ресурсом. Йельский университет сейчас набирает почти 10% студентов из-за рубежа и в большинстве случаев предлагает не просто стипендии для образования, но и возможность ездить домой и обратно. Поскольку выпускники нередко остаются жить и работать в городе, где они закончили высшее учебное заведение, высшее образование становится все более значимым для экономического успеха городов и стран. Мы также знаем из разговоров с министрами правительств разных стран, что они все больше думают о том, как вернуть свои самые востребованные таланты домой.

Глобальная конкуренция за лучших студентов, особенно в области STEM, часто сталкивается с ограничительной иммиграционной политикой, особенно заметной в США, Великобритании, Израиле и Австралии. Страны, где в иммиграционной политике побеждают головотяпы, неизбежно столкнутся с экономическими последствиями. Между 1995 и 2005 годами иностранные граждане создали 450 000 рабочих мест и заработали для Америки 52 млрд. долларов, при этом почти треть занятых иностранцев хотя бы покинула США из-за иммиграционной политики. В 2008 году иностранные выпускники ведущих университетов США, которым были обеспечены рабочие места в некоторых из лучших американских компаний, должны были в обязательном порядке участвовать в иммиграционной лотерее, которая давала шанс только одному из трех остаться в стране. Остальным было велено покинуть страну и вложить свой интеллектуальный капитал в какую-нибудь другую экономику. В последнее время такие города-государства, как Сингапур и Гонконг, внимательно и заботливо относятся к молодым, хорошо образованным и честолюбивым, быстро предоставляя им визы, вид на жительство и стартовый капитал, если они хотят начать новый бизнес в этой стране (программы EntrePass). Другим странам стоило бы последовать этому примеру.

2. Мировая экономика страдает

Страдания мировой экономики проявляются в форме худшего экономического кризиса, ставшего следствием двух десятилетий иррационального изобилия. Проблемы усугубляются тем, что во время бума огромная часть богатства, особенно в США, отправилась в карманы относительно немногочисленной экономической элиты. Разрыв между доходами богатых и бедных увеличивается каждый год. С 1979 по 2007 год самые богатые (1% населения) увеличили свой доход на 275%, тогда как средний класс — на 40%. Те, кто не получил хорошего образования и не добился прогресса до кризиса, после него были раздавлены. Рост развивающихся экономик Бразилии, России, Индии и Китая (стран БРИК) и повышение уровня образования в большей части развивающегося мира, очевидно, сулят выгоды для человечества, но и представляют собой значительную дополнительную угрозу для малообразованной молодежи в развитых странах мира.

Все это привело к пугающе высокому уровню безработицы среди молодых людей: 51% в Испании и Греции, 35% в Италии и Португалии, 30% в Ирландии, 22% в Великобритании и Франции... Растет безработица и среди выпускников высшей школы. Легко отмахнуться от этого: мол, циклический эффект. Возможно. Но это не должно маскировать более глубокие проблемы несоответствия между требованиями глобального рынка труда и тем, что «производят» учреждения высшего образования. В 2011 году в Великобритании каждый четвертый их выпускник был безработным, а среди окончивших только среднюю школу — каждый пятый. В США почти 300 000 магистров сегодня зависят от продовольственных талонов. Поразительно, что одновременно с высокой безработицей и неполной занятостью существуют работодатели (почти 45%) с незаполненными вакансиями, которые не могут найти людей с необходимыми личными качествами и умениями. Большинство работодателей (почти 70%) усматривают причину этого дефицита в плохой вузовской подготовке. Неудивительно,

что некоторые выпускники, предприниматели и политические лидеры начинают ставить под сомнение ценность высшего образования.

3. Стоимость высшего образования растет быстрее, чем инфляция

Вопросы стоимости обучения становятся все более актуальными, поскольку расходы на получение степени непрерывно все время растут. В этом году Национальный центр статистики в сфере образования в США отметил, что за последние десять лет «цены для студентов за обучение, проживание и питание в государственных учреждениях выросли на 42%, а цены для частных и некоммерческих учреждений увеличились на 31% после корректировки на инфляцию».

По данным «Wall Street Journal» (28 февраля 2013 года), общий долг студентов в США вырос на 51% по сравнению с 2008—2012 годами и в настоящее время составляет около триллиона долларов. Более того, 35% учащихся просрочили платежи за образование по сравнению с 21% в 2004 году. Похожие тенденции наблюдаются и в других странах. Ценовое давление на государственные университеты в Англии было основной причиной, по которой британское правительство разработало новый режим оплаты обучения в университетах и ввело его в 2012 году.

Это безжалостное увеличение стоимости в основном обусловлено тенденцией «больше — значит лучше». Другими словами, дополнительные расходы предполагают, что качество обучения повышается. Однако с точки зрения студента, большая часть стоимости в традиционном университете не имеет отношения к образованию собственно студента. Кроме того, высокооплачиваемые профессора зачастую стараются избежать ответственности за обучение студентов. Не говоря уже о том, что чем ниже соотношение «студенты/учителя» (а значит — выше расходы на одного студента, которые ему приходится покрывать), тем выше рейтинг университета.

4. Значимость диплома падает

Получение университетского диплома (или степени бакалавра и магистра), ценность которого можно измерить будущим заработком выпускника, имеет гораздо большее значение, чем аттестат об окончании средней школы. Вот только неясно, будет ли это справедливо всегда и для всех степеней. Средний заработок выпускников со степенью бакалавра в США с 2000 по 2012 год упал на 14,7%, а плата за четырехлетнее обучение возросла на 72%.

В какой-то мере это влияние спроса и предложения. Количество выпускников в мире стремительно растет во многом благодаря развивающимся странам и требованиям развивающихся рынков. К 2020 году только Китай будет обеспечивать 29% всех выпускников высших учебных заведений в мире в возрасте от 25 до 34 лет.

Есть также убедительные доказательства, что произошла своего рода девальвация степеней за последние десять лет, когда количество выпускников в Великобритании, закончивших с отличием, увеличилось более чем вдвое. Даже если признать, что некоторые усовершенствования в системе школьного и университетского преподавания оказались успешными, эти цифры вызывают удивление и наводят на мысль о снижении критериев оценки.

Объедините эти тенденции с меняющимися требованиями мирового рынка труда, упомянутыми ранее, и вопросы о возможной ценности дипломов разного рода не покажутся неуместными. Уже сейчас очевидно, что некоторые дипломы, в экономических терминах, едва стоят бумаги, на которой они написаны. Во всяком случае, компания «Boeing» в 2008 году составила свой рейтинг колледжей исходя из того, насколько хорошо работают их выпускники в компании.

Недавнее исследование в США выявило значительную разницу в риске безработицы среди выпускников вузов в за-

висимости от специальности. У тех, кто специализировался в области гуманитарных наук и нетехнических специальностей, риск безработицы был наиболее высок (около 11%), наименьший риск — у выпускников с техническими специальностями.

Похожие результаты дало исследование средних зарплаток. Доходы по инженерным специальностям (компьютерные инженеры, инженеры-химики) были самыми высокими и составляли 75 000 долларов в год, в то время как доходы психологов и социальных работников оказались самыми низкими — 42 000.

Стоит отметить, что степень магистра сильно увеличивает шансы на больший доход. Магистры в Великобритании зарабатывают в среднем на 5500 фунтов в год больше, чем бакалавры, а в США — на 16 500 долларов в год.

В любом случае ценность диплома о высшем образовании по сравнению с другими типами обучения или опыта может снижаться. Хотя диплом пока остается важным фактором при устройстве на первую работу, он быстро замещается другими показателями, такими, как реальный опыт работы и брэнд предыдущего работодателя. Работодатели предпочитают брать соискателей с навыками. Несколько лет в консалтинговой компании топ-уровня часто бывают более ценными, чем MBA элитного учреждения.

5. Контент без границ

Однажды вечером Майкл и его жена пытались вспомнить имена трех братьев Карамазовых. Само собой разумеется, в течение нескольких минут они прибегли к Google — не идти же за книгой в соседнюю комнату. Майкла поразило, что Google предоставил доступ не только к именам, но и к нескольким вдумчивым академическим комментариям к роману Ф.М.Достоевского.

Сегодня это рутинная работа. Но что она значит для университетов? У лекторов или университетских библиотек больше нет монополии на информацию, как это было когда-то. Это имеет значение для преподавания и обучения, о котором мы еще поговорим. Здесь достаточно сказать, что по мере того, как содержание становится доступным для всех, сила академий снижается.

Количество информации растет в геометрической прогрессии. Эрик Шмидт из Google недавно заявил: «Каждые два дня мы создаем столько информации, сколько мы не производили на заре цивилизации вплоть до 2003 года». Прежде чем Ньютон открыл силу тяжести, он проштудировал и усвоил почти все, что было написано о небесной механике за предыдущие тысячелетия, — подвиг, который сейчас даже невозможно себе представить.

Вот лишь небольшая иллюстрация — количество научных статей, опубликованных в течение последних 300 лет.

Мы могли бы сказать, что информация далека от мудрости. Однако сейчас принципиально то, что эта информация есть

везде, и это заставляет задуматься о ее контроле, прозрачности и синтезе. Тенденция в академии к специализации, которой по меньшей мере лет сто, не ослабевает, но граждане мира теперь взывают к синтезу. В университетах, конечно, есть замечательные широкообразованные люди. Но часто синтез теперь предоставляется организациям за пределами университетов — таким, как ThinkTanks (Фабрика мыслей), государственным учреждениям или консалтинговым компаниям. Например, в области школьной реформы, которой занимается Майкл, самые влиятельные и содержательные аналитические доклады и отчеты во всем мире в последние пять лет пришли из Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), McKinsey и Economist Intelligence Unit.

Между тем университетские ученые по причинам, которые не следует полностью сбрасывать со счетов, все еще придают огромное значение научным статьям в журналах, в то время как

Год	Научных статей, опубликованных в год
1726	344
1750	699
1800	3066
1850	13 439
1900	58 916
1950	258 284
2000	1 132 291
2009	1 477 383

к книгам и газетам присоединились блоги, видео, инфографика и твиты, все больше захватывающие внимание людей.

6. Конкуренция обостряется

Великим в XX веке университетам Северной Америки и Европы все сильнее угрожает глобальная конкуренция с выдающимися университетами Сингапура и Гонконга, индийскими технологическими институтами (IITs) и новыми университетами в Китае. Даже Пакистан со всеми его проблемами за последние 25 лет создал в Лахоре Университет управления науками, университет мирового класса. Таких же успехов добились Мексика, Чили, Турция и Южная Африка.

Это нормально, учитывая рост мирового населения и увеличение спроса на высшее образование, но здесь таится скрытая и угроза, потому что это новая модель университетов, которая пытается использовать радикально изменившиеся обстоятельства и которая стала результатом глобализации и цифровой революции.

На своем пике в 2010 году в Университете Феникса в США, который предоставляет дистанционный доступ (онлайн) к образованию, было более 600 000 студентов по всему миру. Самый крупный поставщик высшего образования в США — некоммерческий DeVry университет в штате Иллинойс, где учится более 70 тысяч студентов. Другая некоммерческая организация «Laureate», основанная в 1998 году и сделавшая смелый шаг в онлайн-образовании, сегодня охватывает своей сетью более 60 высших учебных заведений в 29 странах, в том числе Ливерпульский университет в Великобритании.

Репутация некоторых новых коммерческих университетов была запятнана высокими отсевами студентов и высокими расходами на необразовательные цели, такие, как маркетинг. Но в любом случае было бы ошибкой думать, что сама инновация пошатнется из-за этих злоупотреблений.

Существуют и другие модели инновационной деятельности в этой области. Возьмем, к примеру, Brigham Young University в штате Айдахо. Университет ввел полную круглогодичную учебу (full-year-round operation), изменил модель обучения так, чтобы студенты взяли на себя больше ответственности за свое образование, а преподаватели были лучше подготовлены и преподавали в группах, внедрил онлайн-курсы и степени. Когда-то на стандартные лекции приходилось 80% обучения, теперь — только 20%. Иными словами, BYU-Айдахо взял совершенно новый курс. Это пример преобразования университета, который сознательно бросает вызов тенденции «больше — значит лучше». Когда они приняли на работу Кима Кларка из Гарвардской школы бизнеса для продвижения своих преобразований, университет начали замечать.

Результаты этих изменений — улучшение качества, увеличение числа студентов и снижение стоимости. Исторически на любом рынке такие результаты приводят к победе в конкурентной борьбе.

В последние два года растет популярность теперь уже известного акронима MOOC — Massive Open Online Course, что означает бесплатные курсы, открытые для глобальной аудитории и предназначенные для большого числа людей. Интернет-образование и дистанционное обучение не новость. Открытый университет в Великобритании имеет вековой опыт обучения за пределами университетского кампуса, а Открытый университет Аллама Икбала в Пакистане на протяжении десятилетий транслирует обучающие курсы по телевидению. Новое — это улучшение качества онлайн-обучения с помощью технологий и дизайна, а также уровень преподавателей и инструкторов, которых привлекает MOOC. Дэвид Глэнс из MOOC говорит: «Мы знаем, что этот подход не нов, однако на этот раз все по-другому — мы его применили в нужном месте в нужное время с аудиторией, владеющей необходимой культурой для такого обучения». На появление MOOC в США Великобритания отреагировала своим онлайн-университетом FutureLearn, который строится на основе открытого университета, но использует



ОБРАЗОВАНИЕ

учебные программы из учреждений по всей Великобритании.

Когда Максим Горький назвал второй том своей автобиографии «Мои университеты», он имел в виду, что лучшая подготовка к жизни происходит в реальном мире, а не в башне из слоновой кости, и что наставников можно найти в самых неожиданных местах. Все чаще появляются хорошие источники для получения высшего образования, но это не университеты. Некоторые студенты считают, что обучение во время работы вместе с наставником, специалистом в этой области, более ценно, нежели абстрактное обучение. Другой потенциальный лидер в этом пространстве — [E]Institute, недавно начавший работать в Нью-Йорке под лозунгом «учиться на практике». Институт принимает специально отобранных молодых людей в возрасте до 24 лет, которые считают, что колледж не удовлетворяет их потребности, и приставляет к каждому из них наставника, с которым они учатся два года. Стипендиаты получают полный пансион и доступ к пулу из 300 наставников.

Критики отмечают, что эти программы пока доступны и финансируются для избранных, но есть признаки того, что движение становится все более массовым. Сайт notgoingtouni.co.uk предлагает «универмаг», где молодые люди могут найти способ обучения без диплома. Трудно предсказать, как эти и другие события будут разворачиваться. Наша цель — привлечение внимания к возникающим возможностям.

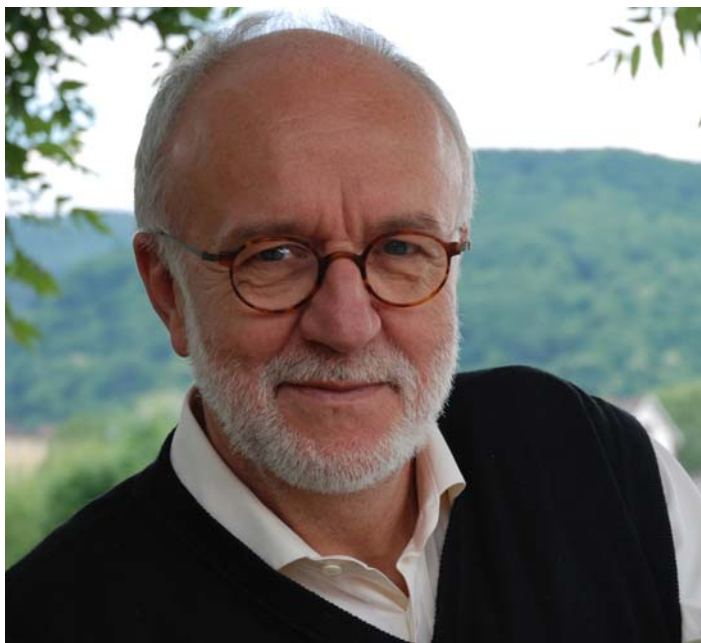
Конечно, есть еще целый ряд барьеров для новых участников рынка образования. Например, режимы регулирования во многих странах по-прежнему отражают модель традиционных университетов, создаются в их пользу и против пришельцев. Правда, в 2010 году в Великобритании правительство рекомендовало приравнять студентов-заочников к студентам-очникам по расходам на обучение. Так что Великобритания относительно прогрессивна. В других странах, в том числе в многих американских штатах, регулирование остается традиционным: студент (19—24 года) должен быть занят полный рабочий день.

Еще один барьер для новаторов, которые хотят встроиться в эшелоны ведущих мировых университетов, — различные рейтинги. Набор критериев, по которым сегодня оценивается работа университетов (количество высокорейтинговых научных исследований и публикаций, индекс цитирования исследователей, количество нобелевских лауреатов и высоких наград у выпускников и сотрудников и т. п.), не оставляет шанса новым институциям занять хоть какое-то место в этих рейтингах. Тем не менее они сильно влияют на выбор студентом университета, на поиски работы после окончания университета, они значимы для больших неакадемических сообществ. По сути, небольшая группа людей, которые контролируют эти рейтинги, имеет огромное влияние на политику университетов во всем мире.

Однако было бы слишком самонадеянным полагать, что эти барьеры могут сдержать лавину на неопределенный срок. Силы глобализации и технологий, сложные условия преобразования мировой экономики и простые, но неумолимые расчеты затрат и выгод, которые делает каждый из нас, показывают: что-то грянет. Вопрос лишь в том, что именно.

Окончание в следующем номере.

«Разница между открытием и творением в естествознании мала»?



Эрнст Петер Фишер

Полагаете ли вы, что поедание шпината делает нас сильнее, а поздний ужин — толще? Верите ли вы в то, что ученые, не найдя экспериментальных доказательств своей теории, тут же от нее отказываются и придумывают новую? В то, что генотип полностью определяет нашу жизнь, наш мозг задействован чуть более чем на 10%, а волосы после бритья растут еще быстрее? Если ваш ответ на все эти вопросы «да», то книга Эрнста Петера Фишера, известного немецкого историка науки, автора нескольких научно-популярных книг и лауреата множества премий, — для вас.

Увлекательно, с иронией, а иногда и сарказмом Фишер развенчивает самые живучие и самые нелепые мифы в истории науки, рассказывая при этом об истинных проблемах и грандиозных достижениях современного естествознания.

Книга «Растут ли волосы у покойника? Мифы современной науки» — первая в научно-популярной серии UNIVERSUM издательства «Бином. Лаборатория знаний». Поздравляем наших коллег с прекрасным начинанием и обещаем читателям рассказывать о научно-популярных новинках этого издательства. Сегодня мы предлагаем вам небольшой фрагмент первой книги, которая вот-вот должна выйти из печати.

«Без Шекспира не было бы его гениальных пьес, а вот теория относительности появилась бы и без Эйнштейна»

Есть, разумеется, и такие ученые, которые не получили вождьленную награду в Стокгольме — кто-то их опередил или пошел другим путем, приведшим к триумфу. Так случилось с эмигрировавшим из национал-социалистической Германии во Францию, а затем в США биохимиком и эссеистом Эрвином Чаргаффом, работавшим в первые послевоенные годы над веществом, из которого состоят гены. Имеются в виду нуклеиновые кислоты. Компоненты клетки, сокращенно называемые ДНК (дезоксирибонуклеиновые кислоты), находятся преимущественно в ядре

клетки и действительно ответственны за передачу наследственной информации. Они были известны еще с середины 1940-х годов. После 1952 года началась настоящая гонка — ученые разных стран желали понять, какова структура генов и что заставляет их удваиваться при делении клеток.

Одним из участников гонки был Эрвин Чаргафф, который хотел найти решение сам и исключительно с помощью своей науки — химии. Его конкурентом стал британско-американский дуэт «Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон» — эти двое принимали любую помощь и делали ставку на сочетание разных наук и разных методов. Сегодня мы знаем, что Уотсон и Крик выиграли — весной 1953 года они предложили миру знаменитую двойную спираль и стали одними из самых знаменитых биологов XX века, а возможно, и превзошли всех.

Один из них, Джеймс Уотсон, написал личный отчет о своей победе, который так и назвал — «Двойная спираль». Эта изумительная книга в течение многих лет возглавляла списки бестселлеров и получила столько рецензий, что их хватило бы на толстый фолиант. Автором одной из рецензий был Эрвин Чаргафф, и она наконец-то подводит нас хотя и к нелепому, но, к сожалению, снова и снова повторяющемуся утверждению, стоящему в заголовке этой главы.

«Процедура»

«Без Шекспира не было бы его гениальных пьес, а вот теория относительности появилась бы и без Эйнштейна». Многих читателей наверняка удивит это утверждение, так как они считают иначе. Ведь это правда, что произведений Шекспира без гениального драматурга не было бы. Что же касается теории Эйнштейна, то мы снова и снова слышим о том, что, например, француз Анри Пуанкаре выдвигал похожие идеи и что голландец Хендрик Антон Лоренц также внес важный вклад. Если бы не было Эйнштейна, возможно, его теорию придумали бы Пуанкаре и Лоренц?

Эта мысль присутствует даже в романе «Процедура» современного нидерландского писателя Харри Мулиша, в котором автор ссылается на приведенный выше пример с двойной спиралью. Герой Мулиша, биохимик по имени Виктор Веркер, высказывает следующее мнение: «Если бы Уотсон и Крик не расшифровали структуру ДНК, то в ближайшие два-три года это сделал бы кто-нибудь другой, но то, что справедливо в науке, невозможно в

Эрнст Петер Фишер

РАСТУТ ЛИ
ВОЛОСЫ
У ПОКОЙНИКА?

Мифы современной науки



БИННОМ



КНИГИ

литературе, поскольку кто бы ни пришел после Уотсона, он бы, в конце концов, не написал бы эту книгу («Двойная спираль»).

А Веркер извлекает из этого для себя следующий урок: «То же самое касается и моих собственных исследований; но если бы Кафка не написал свой «Процесс», то этот роман остался бы ненаписанным до скончания веков. Одним словом, нам, ученым, подобает быть скромнее».

По всей вероятности, и многие читатели, сфера деятельности которых — естественные науки, согласятся с этим замечанием, поскольку они точно так же видят разницу между искусством и наукой — и тем самым умаляют значение собственного труда, замечают они это или нет. То, чего не достиг сегодня ученый А, завтра достигнет ученый Б или самое позднее — послезавтра — ученый В, полагают они. Но вот то, что сегодня написал поэт Г, никто другой не напишет никогда.

За этим упорно сохраняющимся предубеждением кроется, казалось бы, неопровержимое мнение о том, что существуют особые гениальные люди, создающие художественные творения, а наука продвигается вперед силами тоже гениальных, но взаимозаменяемых ученых. А потом к ним приходит слава, и пример Уотсона как раз это и подтверждает.

Удивительно, что Мулиш так пишет, хотя и очень высоко оценивает литературный труд Уотсона — его вторую двойную спираль. Сравнение публикации 1953 года, в которой впервые была описана структура наследственного материала, с произведениями иску-

ства первоначально было использовано для того, чтобы умалить значение автобиографического текста Уотсона. Это возвращает нас к биохимику Чаргаффу, который сыграл важную роль на пути к двойной спирали и упоминается в личном отчете Уотсона.

«Литературная» двойная спираль вообще не понравилась Чаргаффу, он отверг ее еще в год появления из принципиальных соображений. В одной из рецензий он пишет, что естествоиспытатели — не очень интересные люди, которые, в отличие от художников, ведут скучную и однообразную жизнь. Он объяснил также, почему биографии людей искусства намного богаче. Дело в том, утверждает Чаргаффу, что между всегда уникальными творениями художников, с одной стороны, и нередко банальными созданиями естествоиспытателей, с другой, существует важное различие. И вот тут-то со всей очевидностью возникает аргумент, отзыв которого три десятилетия спустя можно найти у Мулиша и который сидит в голове у большинства. «Тимон Афинский», как пишет Чаргаффу, никогда не был бы написан, а «Авиньонские девицы» не появились бы на холсте, если бы не было Шекспира и Пикассо. Но о каких естественно-научных достижениях можно утверждать то же самое? Разве не правда то, что вакцины против бешенства появились бы и без Пастера, равно как и модель атома — без Бора, а двойная спираль — без Уотсона и Крика?

Произведение и его содержание

Тот, кто на вечеринках или при других обстоятельствах выскажет мнение Чаргаффа, заметит, что с ним соглашаются почти все, даже Харри Мулиш, хотя он из осторожности вкладывает эти слова в уста естествоиспытателя. Таким способом, к сожалению, он поясняет, что многие исследователи верят в уникальность художественных творений и в случайность научных открытий. И все же Мулиш повышает уровень сравнения, поскольку в то время как Чаргаффу приводит в пример самое слабое произве-

дение Шекспира, чтобы лишить работу Уотсона и Крика малейшей претензии на качество, писатель обращается все-таки к главному творению Кафки.

Остается непонятным, почему ни Мулиш, ни другие ученые даже спустя десятилетия не заметили, что сделанное сравнение было не только неправильным, но и бессмысленным. Ведь тут сравнивается нечто изначально несопоставимое, а именно роман или театральная пьеса, с одной стороны, и результат научного исследования — с другой. «Процесс» — это роман, «Тимон Афинский» — драма, двойная спираль — структура, а концепция атома Бора — модель. Первое — это произведения, второе — содержание, и если сравнивать и то и другое, может получиться только бессмыслица. Следует задать себе вопрос, почему же это нелепое предубеждение столь живуче, особенно среди поэтов с высокими интеллектуальными запросами, которые обычно охотно следят за новостями в научной среде.

Конец скромности

Здесь необходимо обратиться за разъяснениями к психологии. Герой Мулиша Веркер в конце цитаты что-то бормочет о скромности, а это означает, что ученые не должны воображать, что их творчество соизмеримо с творчеством поэтов и художников. По-видимому, наше сознание противится признанию того, что наука и есть дело глубоко творческое. В какой-то мере мы охотно находим ложное утешение в мысли, что ученые лишь открывают то, что уже существует, не создавая ничего нового, в то время как в искусстве создается то, чего до этого не было.

Зададим конкретный вопрос в связи с приведенным примером: всегда ли была двойная спираль такой, как сегодня, и существовала ли она еще до того, как Уотсон и Крик описали ее в 1953 году? Тот, кто поспешит сказать «да», должен знать, что после этого появятся другие вопросы. Предположим, двойная спираль существовала до Уотсона и Крика, тогда захочется узнать, а где



же она была? Ответом не может быть «в природе» или «в клетке», поскольку двойная спираль — это не конкретно существующая молекула ДНК, и тот, кто будет искать ее «в природе» или «в клетке», не найдет там ничего подобного. ДНК — это модель, абстракция, которая трактуется нами как символ. Ее появлению мы обязаны скучным усилиям многих биологов, физиков и кристаллографов. В естественном мире — в клетках живых тел — нет ничего, подобного модели молекулы ДНК, и уж тем более нет двойной спирали, которая стала известна из научной литературы и имеет свою эстетическую привлекательность как символ.

Заявлять, что структура ДНК была тем, чем она и была до ее представления Уотсоном и Криком, будет ошибкой. Лучше сказать, что двойная спираль — это и творчество, и открытие, а сфера ее существования — не природа, а мир идей и литература естествознания. Иными словами, разница между открытием и творением в естествознании очень мала. Естествоиспытатели и поэты представляют одинаковый уровень культуры, а все прочее — ложная скромность, которая лишь служит распространению мифов и легенд.

Наука не знает «классиков»

И пусть многие даже не хотят об этом слышать: у нас между естественными науками и другими видами творчества — литературой, живописью, музыкой — существует глубокая пропасть, пропасть между двумя культурами, как писал английский физик и писатель-романист Чарльз П. Сноу почти полвека назад. Сноу пробудил заносчивость так называемых интеллектуалов, и, например, в Кембридже одни презрительно морщились, встречая кого-либо, кто не имел никакого понятия о сонетах Шекспира, а другие презирали тех, кто не знал и знать не хотел, о чем говорит второй закон термодинамики.

Напомним, только что упомянутый закон гласит, что физические системы имеют тенденцию утрачивать свой порядок (структуры) и стремиться к наиболее вероятному состоянию.

Представители общественности в большинстве случаев согласно кивают при упоминании о том, что было замечено Сноу, а именно — что образованные люди знают сонет Шекспира, но не знают второй закон термодинамики, причем соглашающиеся с этим не замечают, что тем самым они одобряют катастрофическое состояние нашей культуры. Естественные науки очень часто не рассматриваются как составная часть просвещения. Неудивительно, что в 1999 году появилась книга под названием «Образование», которая в подзаголовке обещала, что содержит «Все, что надо знать», но даже в малейшей степени не пыталась затронуть достижения естествознания, хотя бы в виде наметок.

Вот почему утверждение, что теория эволюции, квантовые скачки атомов или генетическая основа жизни не относятся к сфере просвещения, убеждает многих людей, обычно ориентированных на культуру. Они не видят тех, кого могут связать с этими теориями и учениями. Как только речь заходит о музыке, литературе или живописи, сразу же вспоминают Моцарта, Брехта или Рембрандта. Великие достижения мы связываем с великими именами, но, когда речь заходит о естественных науках, мы обнаруживаем изъян в нашем образовании. Поэтому и возникает пропасть между двумя культурами, которую видит и сам Сноу. Он говорит, с одной стороны, о поэте Шекспире, а с другой — не говорит об ученом, исследователе. У второго закона либо нет автора, либо у этого автора нет имени. Он остается неизвестным и безликим, как и все естествознание. Поэтому и неудивительно, что люди отворачиваются от науки, предпочитая обратиться к искусству и литературе.

Безликость науки присутствует даже у авторов, которые посвятили жизнь естествознанию и способствуют его развитию. Например, венский физик Виктор Вайскопф в автобиографии советует присвоить значению культуры

и науки одинаковый ранг, говоря о том, что мы должны «гордиться Моцартом и квантовой механикой». А не так давно в журнале «New Scientist» можно было прочитать доброжелательную ссылку на то, что теория относительности точно так же может претендовать на свое место в культурной сфере, как и Бетховен. Классик — в искусстве, научная теория — без создателя; люди с именами — здесь, безликие абстракции — там. Все это создает глубокую пропасть между обоими направлениями культуры, и ее необходимо устранить в обществе, которое начинает всерьез говорить о просвещении, подразумевая не только посещение музея в выходные.

В естествознании тоже есть свои классики. Верно лишь то, что мы их не читаем и не принимаем к сведению их глубокие мысли. Имеются великолепные высказывания, например у Макса Планка («Закон причинности и свобода воли», «Наука и вера»), у Вернера Гейзенберга («Единство природы у Александра фон Гумбольдта и в современности», «Тенденция к абстракции в современном искусстве и науке»), Макса Борна («О смысле физических теорий, развитии и сути атомного века») и, разумеется, у Альберта Эйнштейна («Религия и наука», «Истинная ценность человека»).

Не следует забывать и о мыслителях прошлых столетий. Замечательные работы есть у Германа фон Гельмгольца, который пишет о звуковых ощущениях и восприятиях действительности. Георг Кристоф Лихтенберга труды о воздухе и свете, а Леонард Эйлер писал принцессе об удовольствии, которое получает от естествознания. История науки знает множество людей, которые могут считаться классиками. Требуется лишь смелость, чтобы перепрыгнуть через пропасть, которая делает их аутсайдерами. Возможно, филологи смогут рискнуть заняться естественнонаучными текстами, чтобы сделать их столь же читабельными, как и тексты литературных классиков.



Объявление

Биолого-химический факультет Московского педагогического государственного университета приглашает на конкурсной основе на должность заведующего кафедрой аналитической и неорганической химии доктора химических наук. Опыт работы зав. кафедрой приветствуется.

Более подробная информация по телефонам:
(495) 683-01-55 (декан),
(495) 683-16-07

Пятунина Светлана Камильевна.

Полезные ссылки

PostНаука

<http://postnauka.ru/>

«Все, что вы хотели знать о науке, но не знали, у кого спросить». Замечательный ресурс, которому в мае исполнился ровно год, удобен для посетителей и живет активной жизнью, регулярно обновляясь. Ресурс для тех, кто любит не только читать, но и слушать, — значительную долю свежих поступлений составляют видеоролики, в которых ученые (и естественники, и гуманитарии, трудно сказать, кого больше) рассказывают о своей работе. Тех, кто читать любит больше, чем слушать, ждут сообщения о новых книгах про науку, интервью с авторами, а также главы из книг, которые вы, возможно, еще не успели купить.



Super-Chemistry

<http://super-chemistry.narod.ru/>

«На этом сайте вы найдете множество самых разнообразных химических программ и русификаторов к ним. Большинство программ распространяются бесплатно (FreeWare), некоторые — условно бесплатные (ShareWare) и платные (Commercial). Все программы взяты из открытых источников в Интернете». Здесь есть интерактивные таблицы Менделеева (то есть, по сути, справочники по элементам), расстановка коэффициентов, химические расчеты, надстройки для Microsoft Word в помощь химику. Нам очень понравились разделы «Построение структур» и «Трехмерная визуализация». Масса полезных программ, которые рисуют сложные органические молекулы, трехмерные модели белков, электронные орбитали... Если вы все еще создаете картинки к своей научной работе в графическом редакторе общего назначения, пользуясь палочками, многоугольниками и кружочками, — загляните в эту коллекцию.

Биохимия для студента

<http://biokhimija.ru/>



Персональный сайт кандидата медицинских наук О.А.Тимина, доцента Сибирского государственного медицинского университета. (Эти сведения пришлось искать на других ресурсах, так как страничка с личной информацией не работает.) Материалы по общей и клинической биохимии, фактически онлайн-учебник. Разделы добротны иллюстрированы, есть обобщенные схемы метаболизма, которыми можно украсить свое рабочее место для устрашения непосвященных. Врачей, не имеющих системных знаний по биологической химии, физиологии и патофизиологии, автор уподобляет собаке Павлова с ее рефлексамии. «Они знают, что делать при симптомах, описанных в учебнике, хорошо зазубрили алгоритм действий в рамках своей узкой специализации, но оказываются в тупике, когда что-то идет не так... А “как-то не так” идет очень часто, в “чистом” виде болезней практически не бывает». Как нам удалось выяснить из других источников, студенты хозяина сайта и его лекции хвалят.



<http://climaty.ru/>

Цель сайта — «создать представление о современном состоянии науки о климате, климатологии, и изменениях, происходящих в окружающей среде, в том числе о глобальном потеплении. Авторы ставят перед собой задачу освещать проблематику с разных точек зрения, используя исключительно научную литературу». Поставленную задачу авторы успешно выполняют. На сайте есть раздел «Учебник по климатологии» (скорее, в самом деле, «основные теоретические понятия», как этот же раздел назван в подзаголовке, чем целый учебник, но все равно неплохо). Отдельно собраны актуальные вопросы: что происходит с уровнем моря, закисляется ли Мировой океан и т. п., а также материалы, посвященные аномальным погодным явлениям. Есть перепосты (или переводы, если исходное сообщение было не на русском) из блогов ученых — специалистов по климатологии и геонаукам. Нельзя сказать, что здесь собрана исчерпывающая информация о климате и климатологии, но то, что собрано, выглядит надежным и полезным.

Грибы Калужской области

<http://mycoweb.narod.ru/fungi/index.html>



Если посетить этот сайт сейчас, то к грибному сезону как раз удастся освоить необходимый объем знаний. Тут представлена информация о более 1200 видах грибов России и зарубежья (не только съедобных). Помимо обычных фотографий грибов, есть микрофотографии спор, а также галерея стереофото! А для фотографов имеется раздел «Фотолaborатория грибника» где можно найти много полезных советов. Полезная опция — календарь плодоношения грибов, включая малоизвестные виды. Замечательно, что названия грибов почти везде кликабельны и ведут на фотографию, так что у посетителя сайта всегда есть возможность посмотреть на шампиньон двукольцевой или ложноопенок серно-желтый. Специальное приложение позволяет нанести на карту координаты редкой находки. Очень интересная рубрика «Отчеты грибников», к сожалению, давно не обновлялась, так что желающим поделиться историями стоит обратить внимание на страницу «Как опубликовать отчет». По техническим причинам прекратил существование и форум (но есть ссылки на блоги грибников). Зато есть короткий, но основательный список литературы о грибах.

Пути восстановления углекислого газа

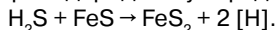
М.А.Никитин

В прошлом номере мы по составу неорганических ионов в живых клетках проследили их происхождение из вод геотермальных источников и грязевых котлов. В этих же условиях среды найдены и возможные восстановители углекислого газа. Восстанавливать его нужно, чтобы затем синтезировать органические вещества, ведь скелет каждой органической молекулы, в том числе аминокислот, углеводов, липидов, составляют атомы углерода, когда-то входившие в состав CO_2 .

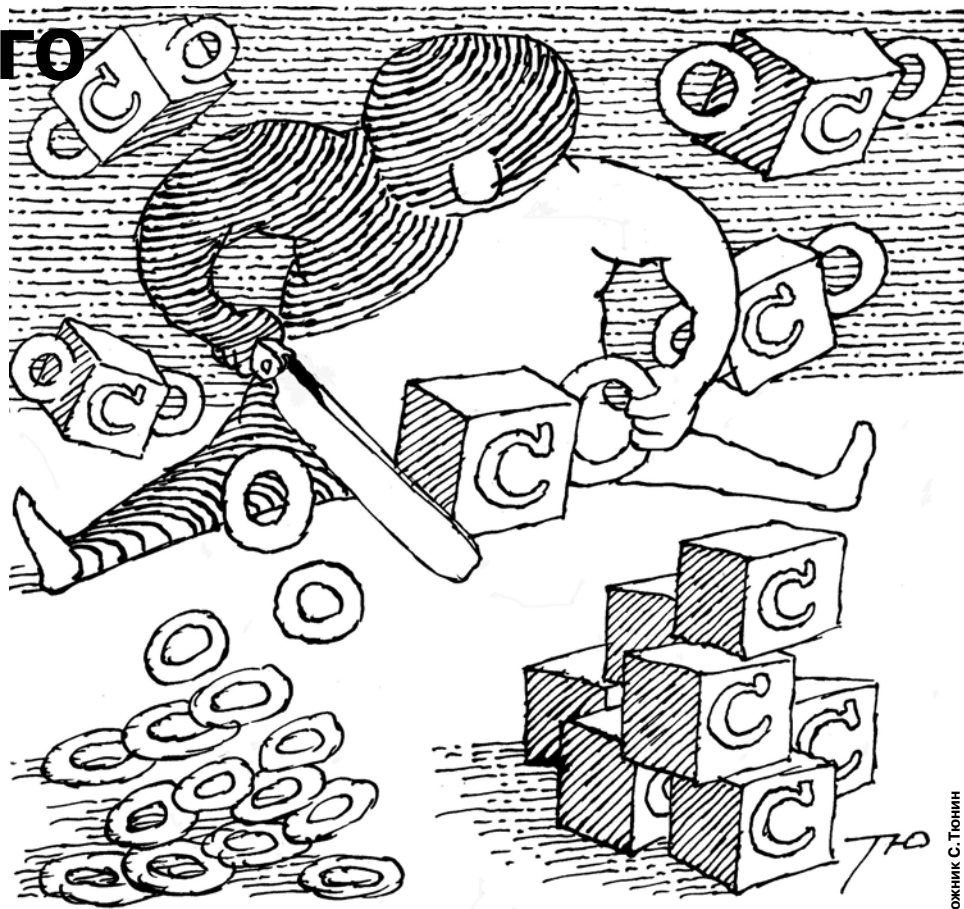
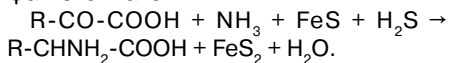
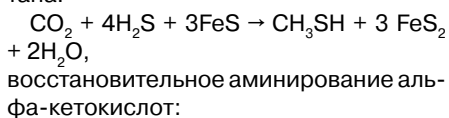
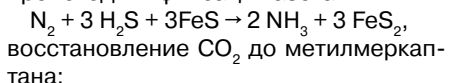
Теория «железосерного мира» — первое развернутое описание, объединяющее восстановление CO_2 с другими сторонами проблемы происхождения жизни, — принадлежит немецкому биофизику Гюнтеру Вахтерхойзеру («Philosophical Transactions of the Royal Society, B, Biological Science», 2006, 361, 1787—1806, doi:10.1098/rstb.2006.1904, пересказ одной из предыдущих его статей на сайте «Элементы» — <http://elementy.ru/news/430373>).

Вахтерхойзер обосновал теоретически и проверил экспериментально многие химические реакции, которые происходят в условиях, существующих вблизи «черных курильщиков» и древних континентальных горячих источников, — при температурах 50—150°C и высоком давлении.

Основной источник восстановительных эквивалентов (то есть протонов, принимающих на себя электроны, которые необходимо перенести) — реакция сероводорода с сульфидом железа:



Сульфид железа превращается в пирит, атомы водорода остаются адсорбированными на его поверхности. С помощью этих атомов водорода на поверхности сульфида железа может происходить фиксация азота:



Художник С.Тонин

В присутствии сульфида никеля, также характерного для геотермальных источников, разнообразие химических продуктов сильно возрастает — CO_2 и CO превращаются в уксусную, пировиноградную и другие органические кислоты, а также в тиометилацетат CH CO-S-CH . Последний, реагируя с фосфорной кислотой, дает ацетилфосфат — высокоэнергетическое вещество, способное фосфорилировать органические молекулы, в том числе превращать АДФ в АТФ.

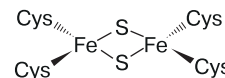
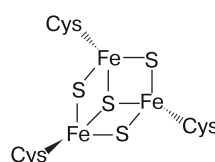
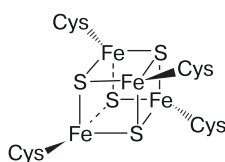
Отрицательно заряженные органические кислоты остаются адсорбированными на поверхности сульфидов и могут накапливаться в больших концентрациях. Там же происходят более сложные химические реакции, например пептидный цикл глицина, в котором образуются производные мочевины, гидантоины и пуриновые азотистые основания.

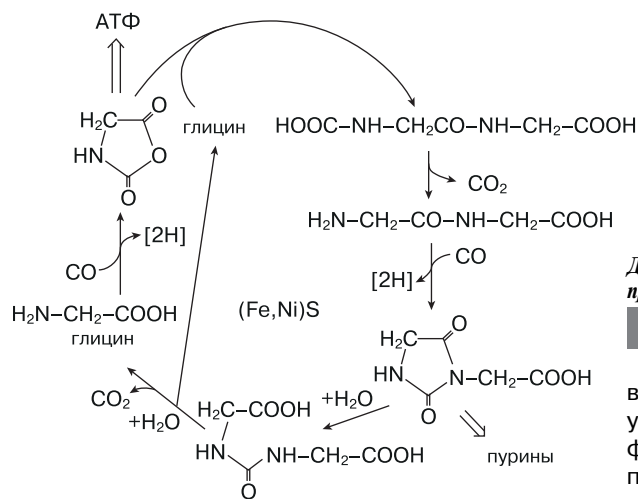
В целом в условиях «черного курильщика» возможен синтез большого разнообразия органики, едва ли не больше, чем в опытах Миллера.

Дополнительный аргумент в пользу такого сценария — в ферментах современных клеток содержатся железосерные кластеры, фактически наночастицы пирита. Они переносят водород и участвуют в разнообразных окислительно-восстановительных реакциях. Особо сложный железосерный кластер находится в активном центре фермента нитрогеназы, который восстанавливает атмосферный азот до аммиака.

Другой сценарий абиогенного синтеза органики на геотермальных источниках — теорию «цинкового мира» — предложил Армен Мулкиджанян, о работах которого мы писали в предыдущей статье («Biology Direct», 2009, 4, 26, doi:10.1186/1745-6150-4-26, Mulikidjanian, Galperin, «Biology Direct», 2009, 4, 27,

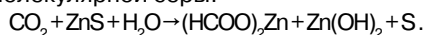
Структуры железосерных кластеров («Nature Chemical Biology», 2007, 3, 206—207)



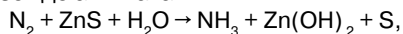


Дипептидный цикл глицина FeS/NiS при высокой температуре (Wächtershäuser, 2006)

doi:10.1186/1745-6150-4-27). Он исходил из того, что сульфиды цинка и марганца способны к фотохимическому восстановлению разных веществ. Они, так же, как упомянутый в статье «Проблема хиральной чистоты» (2013, № 3) оксид титана TiO_2 — полупроводники с широкой запрещенной зоной. Их кристаллы поглощают ближний ультрафиолет, и возбужденный электрон может оказаться в «потенциальной яме» на поверхности кристалла. В водной среде эти кристаллы восстанавливают CO_2 до муравьиной кислоты и дикарбоновых кислот. Сульфид цинка оказывается самым эффективным восстановителем — с квантовым выходом до 80%. При этом на кристалле накапливается положительный заряд. Если нет подходящих восстановителей, то происходит фотокоррозия сульфида цинка с выходом ионов цинка в раствор и образованием молекулярной серы:



Подобно сульфидам железа сульфид цинка на свету может восстанавливать азот до аммиака:



который затем реагирует с CO_2 , давая формамид — ключевой промежуточный продукт для синтеза азотистых оснований. Восстановительное аминирование кетокислот в аминокислоты тоже хорошо катализируется сульфидом цинка при освещении.

Абиогенный фотосинтез на сульфиде цинка обладает еще некоторыми интересными свойствами. В роли восстановителя, предохраняющего ZnS от фотокоррозии, как оказалось, могут выступать восстановленные формы фосфора — фосфиты и гипофосфиты. В отличие от фосфатов, они хорошо растворимы в воде. В присутствии фосфитов ZnS проводит фотовосстановление CO_2 , сопряженное с окислением фосфита до фосфата. Фосфаты остаются адсорбированными на поверхности кристаллов, и это возможное объяснение высокой концентрации фосфатов

в живых клетках. В некоторых условиях фотоокисление фосфита до фосфата на ZnS сопровождается фосфорилированием разных органических молекул и, возможно, полимеризацией нуклеозидов (сахар плюс азотистое основание) в полинуклеотиды.

Сульфид цинка хорошо адсорбирует нуклеиновые кислоты, так как шаг положительно заряженных ионов на его поверхности соответствует шагу фосфатов РНК и ДНК. Кроме того, сульфид цинка способен принимать фотовозбуждение с нуклеотидов, их полимеров, полипептидов и других молекул. С одной стороны, это защищает полимеры от УФ-расщепления, с другой стороны, накопление полимеров на поверхности минерала позволяет собирать больше света и ускоряет фотосинтез в этом месте — нуклеиновые кислоты работают подобно вспомогательным пигментам.

Теперь вернемся к восстановлению молекул углекислого газа. Подобно тому как минеральный состав цитоплазмы несет информацию о среде обитания самых первых клеток, современные пути восстановления CO_2 живыми организмами могут воспроизводить какие-то древнейшие реакции, происходившие в неживых системах. Таких путей в современных клетках известно три.

Первый — цикл Кальвина, работающий в растениях и большинстве фотосинтезирующих и хемосинтезирующих бактерий. Когда школьникам говорят, что «растения поглощают углекислый газ и синтезируют глюкозу», речь идет именно о цикле Кальвина, но это сильно упрощенная правда (см. схему на следующей странице). Строго говоря, в цикле Кальвина синтезируется трехуглеродный фосфоглицериновый альдегид, а затем из него в несколько этапов получается глюкоза.

Второй — восстановительный цикл Кребса, работающий у некоторых анаэробных фотосинтезирующих бактерий. Выпускникам биологических факультетов хорошо известен обычный цикл Кребса, он же цитратный цикл или цикл трикарбоновых кислот, в котором двух- и трехуглеродные органические молекулы, образующиеся при распаде

более крупных соединений, окисляются до CO_2 . Высвобожденные при этом протоны участвуют в синтезе АТФ, энергетической валюты клетки. Восстановительный цикл Кребса «вращается» в обратную сторону: поглощаются молекулы CO_2 и протоны на носителе, затрачивается энергия АТФ, образуется четырехуглеродная щавелевоуксусная кислота (оксалоацетат). Заметим, что протоны переносит не кофермент NADH, как в обычном цикле Кребса, а ферредоксин — железосерный белок с высоким восстановительным потенциалом.

Третий — восстановительный ацетил-КоА-путь, который имеется у некоторых хемосинтезирующих бактерий и архей. Кофермент А, или КоА, участвует во многих важных биохимических процессах (в том числе и в цикле Кребса, и в цикле Кальвина). Его задача — переносить остатки органических кислот на другие молекулы, например, если с коферментом связан ацетат, это соединение и называется «ацетил-КоА». Восстановительный ацетил-КоА-путь включает в себя параллельное восстановление двух молекул CO_2 : одна окисляется до СО, другая — до связанной с коферментом метильной группы. Потом они соединяются и переносятся на кофермент А. Возможная роль этой реакции в предбиогенной химии рассмотрена в статье Уильяма Мартина и Майкла Расселла («Philosophical Transactions of the Royal Society, B, Biological Science», 2007, 362, 1887—1925, doi:10.1098/rstb.2006.1881).

Попробуем оценить возможность протекания этих реакций без ферментов, с участием минеральных катализаторов.

Если посмотреть на состав ферментов, катализирующих эти реакции, то бросается в глаза единообразие каталитических металлов в активных центрах. Все реакции восстановительного цикла Кребса катализируются атомами железа, кроме одной, где участвует марганец. В цикле Кальвина в качестве катализаторов используются ионы магния и иногда цинка, так что для любого из трех путей можно допустить, что он катализируется поверхностями одного-двух минералов.

Наглядная адаптация

Кандидат биологических наук

Н.Л. Резник

Эволюция неуловима. Ее результаты налицо, а пути загадочны. Не только за образованием нового вида, даже за возникновением новой адаптации проследить очень сложно, потому что длительность этого процесса несопоставима со сроком человеческой жизни. Нам остается изучать современные виды и гадать, благодаря каким именно генетическим изменениям они возникли. Это и теоретически трудно, а на практике еще сложнее, однако исследователи не сдаются и пытаются «поймать эволюцию за хвост».



Керстин Линдبلاد-Тох и Примус

Не ешь крахмал, собакой станешь!

Задачу можно решать в лоб, сравнивая геномы современной и предковой форм вида, благо современные технологии позволяют. Один из самых удобных объектов для подобных исследований — домашние животные. Хороши они своей доступностью и тем, что в распоряжении ученых, как правило, есть предковая дикая форма, с которой можно сравнивать современные вариации. Кроме того, мы примерно представляем, в каких условиях и по каким критериям происходил отбор, что существенно облегчает анализ.

Большая энтузиастка подобных исследований — Керстин Линдبلاد-Тох, профессор сравнительной геномики университета Упсалы и руководительница исследований геномов позвоночных в Институте Брода Массачусетского технологического института. В 2010 году ученые сравнили последовательности геномов восьми разных популяций домашних кур *Gallus gallus domesticus* и банкивской джунглевой курицы *Gallus gallus*. Этот вид, наиболее вероятный предок домашней птицы, до сих пор живет в Южной и Юго-Восточной Азии. Исследователи обнаружили в курином геноме более 7 миллионов однонуклеотидных замен и почти 1300 делеций и наметили несколько генов, предположительно ответственных за одомашнивание. Одним из наиболее вероятных кандидатов оказался ген рецептора тиреотропного гормона *TSHR*. Он играет важную роль в регуляции метаболизма и контролирует сезонность размножения у животных.

Мутации, нарушающие функции этого гена, обнаружены практически у всех домашних кур. И неудивительно: человек заинтересован в том, чтобы куры хорошо ели, быстро набирали вес и откладывали яйца постоянно, а не раз в году.

Но главная любовь Керстин Линдبلاد-Тох — собачий геном, который она изучает не первый год. Ее имя возглавляет список авторов публикации, посвященной секвенированию и анализу генома домашней собаки. (Собачий геном, прочитанный в 2005 году, был четвертым полностью расшифрованным геномом млекопитающего после человека, мыши и крысы.)

В недавнем исследовании («Nature», 2013, 495, 360—364; doi:10.1038/nature11837) ученые из Швеции, Норвегии и Соединенных Штатов провели сравнительный анализ геномов домашних собак и волков и наметили 36 локусов, которые, возможно, подверглись отбору в процессе домостикации.

Собаки *Canis lupus domesticus* — подвид волка обыкновенного *Canis lupus*. Вероятно, это первые животные, одомашненные человеком. Доместикация произошла примерно 10 тысяч лет назад в Юго-Восточной или Средней Азии. Впрочем, судя по окаменевшим костям, псовые сопровождали жителей Алтая и Сибири еще 33 тысячи лет назад.

Каким путем и с какой целью человек приручал собаку, не вполне ясно. Исследователи предложили две гипотезы. Возможно, люди ловили волчат, чтобы потом использовать их на охоте, и отбирали тех, кто годился для этого занятия. Но волки могли и сами приходить

к человеческим поселениям и рыться в пищевых отбросах. В этом случае происходил отбор животных-мусорщиков. В любом случае селекция затронула поведение: домашнее животное, в отличие от дикого, не должно быть агрессивным по отношению к человеку. Собаки и внешне отличаются от волков: у них укороченный череп, уменьшенный мозг, зубов тоже меньше. Впрочем, внешние изменения не обязательно носят приспособительный характер и могут быть косвенным результатом отбора по поведению. Вспомним знаменитые опыты советского генетика Дмитрия Константиновича Беляева, начатые в 60-е годы прошлого века в Институте цитологии и генетики АН СССР и продолженные его последователями. Одомашнивание, то есть отбор неагрессивных по отношению к человеку животных (лис, норок, соболей и даже крыс) приводит к изменению окраски шерсти и появлению пятен. У лис появляются «собачьи» признаки: укороченные хвосты, пятна на шкуре и вислые уши. Пятнистый соболь напоминает кошку: у него белые «носочки» на лапках, белые грудь, живот и кончик морды, глаза часто синие, а нос розовый. Все эти неясности, конечно, осложняют анализ. Трудно сказать однозначно, по какому признаку вели селекцию, а какой закрепился случайно.

Исследователи рассудили, что при отборе по какому-то гену преимущество получает один из его аллелей, остальные встречаются много реже. Следовательно, локусам, по которым шла селекция, свойственна пониженная гетерозиготность, то есть животное чаще имеет два одинаковых аллеля

одного гена, чем разные. Кроме того, такие гены должны максимально отличаться от гомологичных волчьих последовательностей. Ученые проанализировали геномы двенадцати волков из Швеции, Испании, России, Белоруссии, Болгарии, США и Канады и 60 собак. Среди них представители крупных охотничьих пород, таких, как смоландская гончая, норвежский элкхаунд, шведский элкхаунд, финский лапхунд, он же финская лопарская собака; коккер-спаниель, спринг-спаниель, золотистый ретривер и лабрадор, древер (коротконогая гончая, очень популярная в Швеции), бельгийский терьер — одна из пород бельгийских овчарок; бородатый колли, ховаварт, ризеншнауцер, немецкая овчарка.

После кропотливого анализа исследователи выбрали 36 локусов собачьего генома, удовлетворявших обоим условиям: с пониженной гетерозиготностью и существенным отличием от волчьих локусов. Девятнадцать из этих последовательностей содержат гены, влияющие на развитие и функционирование центральной нервной системы. Под их контролем находятся в том числе развитие синапсов, синаптическая пластичность (способность нервных клеток регулировать эффективность передачи информации через отдельные синапсы) и скорость передачи сигнала. Эти факты подтверждают гипотезу о том, что при одомашнивании отбор направлен в первую очередь на изменение поведения.

Несколько генов обеспечивают взаимодействие сперматозоида и яйцеклетки. Очевидно, этот аспект в период доместикации собаки был очень важен. Десять генов играют ключевую роль в переваривании крахмала и жировом обмене, и ученые уделили им особое внимание, увеличив количество обследованных волков, собак и пород.

Усвоение крахмала у собак происходит в три этапа. Сначала полисахарид при участии фермента альфа-амилазы гидролизуются в кишечнике до мальтозы и других олигосахаридов. Дальнейшее расщепление осуществляют ферменты мальтаза-глюкоамилаза, сахараза и изомальтаза. В результате образуется глюкоза, которая всасывается в кровь через стенку тонкого кишечника. Исследователи убеждены, что в процессе доместикации отбор у собак шел по генам, контролирующим все стадии переваривания крахмала.

Ген *AMY2B*, кодирующий альфа-амилазу, находится у собак в шестой хромосоме и экспрессируется в поджелудочной железе. У собак в геноме присутствуют от четырех до тридцати копий этого гена, у волков только две. Соответственно и активность альфа-

амилазы у собак в 4,7 раза выше, чем у волков. Мальтаза-глюкоамилаза ответственна за второй этап расщепления крахмала — гидролиз мальтозы до глюкозы. Дополнительных копий гена *MGAM*, кодирующего этот фермент, у собак нет, но исследователи обнаружили в песьем варианте гена несколько мутаций. Экспрессия *MGAM* в поджелудочной железе собак в 12 раз выше, чем у волков, а мальтоза превращается в глюкозу в два раза быстрее. Всасывание глюкозы происходит в тонком кишечнике, за него отвечает белок SGLT121. В собачьем геноме последовательность SGLT1 несет мутацию, которая изменяет структуру белка, и, как следствие, глюкоза поглощается эффективнее.

По мнению исследователей, благодаря отбору по генам *AMY2B*, *MGAM* и *SGLT1* предки современных собак неплохо себя чувствовали на крахмалистой диете, и эти изменения стали важнейшим шагом на пути доместикации. Иными словами, главной движущей силой процесса одомашнивания собак стало возникновение новой экологической ниши, то есть помоек при сельскохозяйственных поселениях человека.

Может, оно и впрямь так было, а может, и нет. Мы в данном случае можем наблюдать только результат, а не процесс. То, что предки современных собак приходили порыться в отбросах, сомнений не вызывает. Но кто знает, что их там привлекало: недоеденные лепешки и корни или крысы — традиционные потребители пищевых отходов? Современные собаки тоже охотятся на помойках, а в былые годы многие торговцы, чтобы защитить свои амбары от грызунов, предпочитали держать не кошек, а собак, фокстерьеров например. Значит, собака все-таки осталась хищником по сути своей. Об этом твердят и специалисты по кормлению животных, напоминающие, что основу песьего рациона, 40—50%, должно составлять мясо.

Безусловно, повышенная активность амилазы облегчает жизнь и собакам, которым легче найти пропитание рядом с человеком, и их ответственным владельцам, потому что кормить крупную собаку мясом пополам с овсянкой дешевле. А вообще очень хочется, чтобы исследователи проверяли пищевое поведение животных опытным путем, а не судили о нем исключительно по последовательностям генов и реакциям в пробирках. Наблюдения за питанием собственного пса и собак знакомых экспериментом считать нельзя.

Профессор Линдблад-Тох и ее коллеги утверждают, что обнаружили поразительный пример параллельной эволюции собаки и человека. По мере



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

развития сельского хозяйства пища становилась все более крахмалистой. В результате пищеварительная система людей претерпела определенные изменения. Амилаза у *Homo sapiens* синтезируется и работает не только в поджелудочной железе, но и в слюне. При этом копия гена амилазы из слюны *AMY1* и активность фермента выше в тех популяциях, которые традиционно едят пищу, более богатую крахмалом (злаки, картофель, съедобные корни и клубни), чем у охотников и рыболовов. Поэтому, уверяют исследователи, если рассматривать эволюцию собаки как переход на крахмалистую пищу, мы, изучая псов, лучше поймем, какими путями эволюционировал человек, и даже сможем установить происхождение некоторых его болезней.

Исследовать эволюцию людей на животных, безусловно, оригинальный подход, и если уж его применять, то лучше выбирать более удобные в работе объекты.

Мыши хань

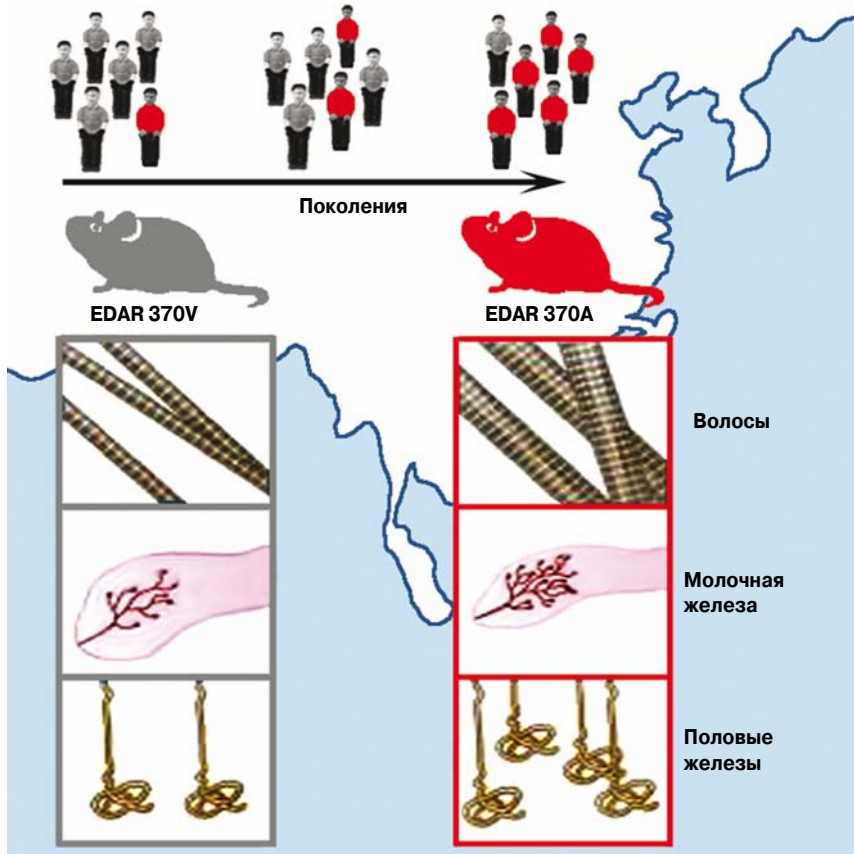
Эволюция человека для нас не менее актуальна и интересна, чем эволюция собак. Всего за 100 тысяч лет, срок с биологической точки зрения ничтожный, небольшая африканская популяция захватила почти все экосистемы планеты. Люди очень быстро приспособились к поразительному разнообразию климата, ландшафта, пищи, что должно было сопровождаться генетическими изменениями. Однако обнаружить эти изменения невероятно сложно. Последовательность ДНК любых двух людей идентичны на 99,5%. Обычно исследователи начинают с того, что выбирают фенотипический признак, предположительно способствующий адаптации, а затем ищут генетические изменения, приведшие к образованию этого признака. Но генов, чей фенотипический эффект легко определить, очень мало. Ученым удалось установить лишь несколько генов, отбор по которым повлиял на эволюцию человека. Это мутации в генах гемоглобина В и поверхностного антигена эритроцитов Duffy, которые



Мыши с разными аллелями гена *EDAR*. На первый взгляд разница практически незаметна

вызывают устойчивость к малярийным плазмодиям *Plasmodium falciparum* и *P. vivax*; мутация в гене фермента лактазы *LCT*, позволяющая взрослым людям пить молоко; изменения в последовательности *EPAS1*, благодаря которым люди живут на больших высотах, и в гене пигментации кожи *SLC24A5*.

Недавно в поле зрения ученых попал *EDAR* — ген рецептора к сигнальному белку эктодисплазину-А, ответственному за формирование потовых желез, зубов и волос. У коренных жителей Восточной Азии и Америки преобладает мутация, которая приводит к замене 370-й аминокислоты белка с валина на



Мышиными стопами по пути эволюции человека.

У мышей, имеющих точечную мутацию 370А в гене *EDAR*, толще волосы, компактнее и продуктивнее молочные железы, больше потовых желез. У людей эта мутация вызывает сходные изменения

аланин, поэтому мутацию обозначают 370А, а исходный вариант 370V. У жителей этих регионов волосы на голове толще, чем у европейцев, и лопатовидные резцы (с внутренней стороны они вогнутые и напоминают совочек). Однако ассоциация определенной мутации с каким-то признаком демонстрирует только количественные соотношения. То, что именно она приводит к определенным фенотипическим изменениям, нужно еще доказать.

Самое простое доказательство заключается в том, чтобы взять объект с генотипом 370V, вызвать у него мутацию 370А и посмотреть, что изменится. Выбор ученых пал на лабораторных мышей. Эти животные стоически болеют, умирают и лечатся за нас, а теперь им еще и эволюционировать пришлось.

Экспериментами по изучению адаптивной роли гена *EDAR* руководили Брюс Морган, профессор-дерматолог из Гарвардской медицинской школы, профессор-генетик Джин Ли (Университет Фудань, Китай) и доктор Пардис Сабети — ассоциированный профессор нескольких исследовательских институтов Бостона и Кембриджа (США). Результаты работы опубликованы в журнале «Cell» (2013, 152, 691—702).

Мыши — идеальный объект для подобных исследований. Мутация 370А затрагивает участок гена, необходимый для взаимодействия с сигнальным белком, запускающим целый каскад биохимических реакций. Последовательности этого участка *EDAR* у мышей и у людей одинаковы. И поскольку все животные, использованные в эксперименте, принадлежали к одной инбредной линии, то есть были генетически идентичными носителями аллеля 370V, ученые получили уникальную возможность наблюдать фенотипические изменения, вызванные одной-единственной мутацией. На людях такой эксперимент провести невозможно.

Чтобы получить мутантных животных, исследователи использовали эмбриональные стволовые клетки, в которые вводили последовательности ДНК, вызывающие определенную точечную замену в гене *EDAR*. Мутантные мыши были здоровыми, плодовитыми и жили столько же, сколько и особи 370V.

Прежде всего исследователи обратили внимание на шерсть. Все четыре типа волос, образующих мышиную шубку, у мутантов были толще, чем у мышей 370V. Эти отличия не бросаются в глаза, но заметны под микроскопом. Вторая особенность мутантов — увеличенное количество потовых желез. У мышей, как и у других млекопитающих, они менее важны для терморегуляции, чем у человека, поэтому и самих желез сравнительно немного. Исследователи

подсчитывали их количество на подушечках задних лап мышей. У животных с генотипом 370V было в среднем 20 желез на подушечку, у гетерозигот 370V/370A — 22, у 370A — 25. Различия хоть и небольшие, но достоверные.

Эктодисплазин должен регулировать образование и других экзокринных желез — молочных, поскольку рецептор EDAR в них присутствует. Ученые исследовали четвертый и девятый соски у созревших, но еще не спаривавшихся мышей. Оказалось, что протоки молочных желез у гомозигот 370A более разветвленные, чем у гетерозигот и 370V, а объем жировой ткани молочной железы немного меньше. Сосок получается более компактным и продуктивным. На массу и размеры тела мутация не влияет.

Зубы у грызунов не такие, как у людей, и лопатовидными они не стали. Вообще, массового изменения зубов у мутантных мышей ученые не наблюдали. Но это и не требуется. Анализировать имеет смысл только те признаки, которые подобны человеческим.

Итак, мутация EDAR 370A приводит к утолщению волос, увеличению количества потовых желез, усилению ветвления протоков молочных желез и уменьшению объема их жировых подушечек. Три первых признака — следствие усиленного функционирования EDAR. Тот факт, что у мутантных мышей уменьшен объем жировой ткани в сосках, означает, что эктодисплазин регулирует образование не только самих молочных желез, но и поддерживающих тканей мезенхимальной природы.

Насколько эти изменения соответствуют признакам, характерным для людей с мутацией 370A? Чаще всего эта мутация встречается у китайцев хань — самой многочисленной этнической группы Китая. Волосы у них толще, а вот о количестве потовых желез, оказывается, ничего не известно. Ученые пересчитывали железы на подушечках большого и указательного пальцев у жителей провинции Цзянсу от 18 до 65 лет, с большим трудом отыскав среди них трех людей, гомозиготных по аллелю 370V, и нескольких гетерозигот. У мутантов 370A действительно больше потовых желез независимо от пола и возраста.

Третий признак — структура протоков молочной железы. У китайнок он оказался неочевидным, и исследователи не стали восполнять этот пробел. Дело в том, что у мышей изучали срезы молочных желез, окрашенные карминовыми квасцами. Протоки железы на срезе приобретали темно-красный цвет и были хорошо заметны. Для людей такая методика не годится. Известно, однако, что у женщин Восточной Азии относи-



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

тельно маленькая грудь. Возможно, этим они обязаны мутации 370A.

Аллель EDAR 370A возник в Китае около 30 тысяч лет назад. Мутация оказалась востребованной именно в том месте и в то время. Потовые железы обеспечивают испарение при долгой ходьбе или беге, что полезно охотникам и собирателям, живущим во влажном и жарком климате. Согласно геологическим данным, 40—32 тысячи лет назад в Китае было относительно тепло и влажно, затем в промежутке 32—15 тысяч лет назад климат стал холоднее и суше, а с началом голоцена снова потеплело. Впрочем, высокая влажность могла сохраняться в Китае все это время. В таких условиях преимущество получают те, кто больше потеет. Не исключено, что именно количество потовых желез и стало основным признаком, по которому шел отбор. Но мутация 370A вызывала также изменение волосяного покрова и размера молочных желез. Поначалу эти признаки были нейтральными, а впоследствии стали важным фактором полового отбора: мужчины обращали внимание на волосы и грудь своей избранницы. Так мутация быстро закрепилась в популяции. Однако это только предположение. О том, как сказывается форма груди на половом отборе, мало что известно. Тут еще работать и работать.

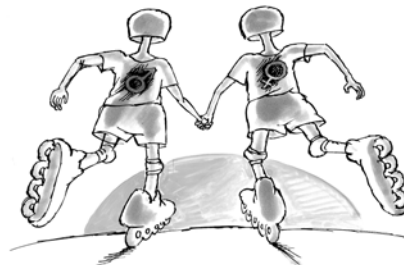
Мыши — традиционный объект исследования патогенных генов *H. sapiens*. Однако эта модель прекрасно подходит и для изучения генетики человека, не связанной с болезнями. Наглядная демонстрация действия мутации 370A — лишь начало. Таким же образом можно тестировать другие гены, потенциально важные для эволюции человека. Разумеется, у метода существуют ограничения, поскольку не все мышинные признаки подобны человеческим. Бессмысленно, например, исследовать на них мутации, предположительно способствовавшие развитию речи. Но если признаки совпадают, трудно найти для изучения человеческой эволюции объект лучше мыши.



О подписке

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

Стоимость подписки на второе полугодие 2013 года с доставкой по РФ — 780 рублей, при получении в редакции — 540 рублей. Об электронных платежах см. www.hij.ru.



Об архиве



Архив «Химии и жизни» за 45 лет — это более 50 000 страниц, рассказывающих о науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Реквизиты:

Получатель платежа:
АНО Центр «НаукаПресс»,
ИНН/КПП 7701325151/770101001
Банк: АКБ «РосЕвроБанк»
(ОАО) г.Москва,
Номер счета:
№ 40703810801000070802,
к/с 30101810800000000777,
БИК 044585777
Назначение платежа:
подписка на журнал
«Химия и жизнь—XXI век»

Лечебное бессознательное

Типы самолечения животных

Здоровые особи

Профилактическое самолечение



Бабуин *Papio anubis*

Профилактика для потомков



Плодовая мушка *Drosophila melanogaster*

Профилактика для всех родственников



Лесной муравей *Formica paralugubris*

Больные особи

Терапевтическое самолечение



Гусеница бабочки-медведицы *Grammia incorrupta*

Лечение потомства



Бабочка-монарх *Danaus plexippus*

Врачи не рекомендуют заниматься самолечением, и многие этому совету следуют. Однако дикие животные, к которым добрый доктор Айболит спешит только в сказке, вынуждены полагаться исключительно на себя.

В 1978 году американский эколог Дэниэл Янсен предположил, что травоядные позвоночные могут использовать содержащиеся в растениях биологически активные вещества для поправки здоровья. С тех пор сделано много наблюдений подобного рода, главным образом на человекообразных обезьянах. Шимпанзе, бонобо и гориллы целиком глотают жесткие колючие листья разных растений. Из кишечника эти листья выходят непереваренными. Исследователи полагают, что обезьяны используют листья как щетку, отскребающую кишечник от червей. Шимпанзе, живущие к югу от Сахары, поедают горькую сердцевину маленького тоненького деревца вероники *Vernonia amygdalina*. У вероники сладкие листья, но обезьяны предпочитают горькую часть растения, которая содержит биологически активные вещества, обладающие многими полезными свойствами, в том числе и глистогонными.

Французские исследователи из Национального музея естественной истории наблюдали за дикими шимпанзе, обитающими в национальном парке Кибале (Уганда). Они обнаружили, что обезьяны едят корни и листья множества растений, из которых не менее 35 известны в традиционной медицине как средства борьбы с кишечными паразитами, кожными инфекциями, заболеваниями дыхательных путей и репродуктивной сферы. Непонятно, что могло вызвать такое поведение животных, ведь большинство этих растений не вкусны и не питательны. Трудно представить себе, что шимпанзе объелись какими-нибудь лечебными корешками, а потом заметили, как им полегчало. Тем не менее обезьяны каким-то образом постигли свойства лекарственных растений и передают эти знания друг другу. Наблюдая за их поведением, ума набираются и местные жители. А у исследователей в результате сложилось впечатление, что фитотерапия доступна только животным с высокими когнитивными способностями, что позволяет им наблюдать, учиться, запоминать и принимать верные решения.

Объект лечения

Впечатление оказалось обманчивым. Наблюдения показали, что к помощи лекарственных растений прибегают многие виды животных, в том числе и беспозвоночные, причем такие, у которых вряд ли есть когнитивные способности. Но установить факт самолечения в полевых условиях крайне сложно. Да, больное животное жует какие-то растения, однако на то ведь оно и травоядное. Надо еще доказать, что от этих трав ему стало лучше или без них было бы хуже. Кроме того, как муравей, муха или гусеница понимают, что им нужно лечиться?

Ученые из Университета Уэсли (США) под руководством Майкла Сингера предположили, что самолечение животных — проявление адаптивной пластичности, то есть способности приноравливаться к внезапно изменившейся ситуации. Адаптивная пластичность не требует осознанных действий. Если это так, то

самолечение должно удовлетворять нескольким условиям. Его программа реализуется не постоянно, а включается в ответ на заболевание, например заражение паразитом. Кроме того, самолечение должно быть полезно больному животному, а здоровому вредить. Тут можно позволить себе аналогию с человеком, которому прописали антибиотики. Они вредны, поскольку убивают жизненно необходимую микрофлору, но при серьезной инфекции приходится идти на жертвы, чтобы выздороветь.

Имея в виду эти теоретические предположения, исследователи протестировали пищевое поведение бабочек-медведиц *Grammia incorrupta* в ответ на заражение смертельным для них паразитом ежухой *Exorista mella*. Муха откладывает яйца в тело гусениц, и развивающиеся в нем личинки губят насекомое. Известно, однако, что гусеницы усваивают непита-

тельные растительные токсины, пирролизидиновые алкалоиды, которые накапливаются в «крови» и покровах гусениц.

Исследователи поместили собранных в природе гусениц в пластиковые чашки и кормили бумажными кружочками, пропитанными алкалоидом или раствором сахарозы. Взвешивая бумажки, можно определить, сколько гусеница съела. Оказалось, что зараженные гусеницы вдвое охотнее поглощали алкалоиды, чем сахарозу, причем растительные токсины повышали их устойчивость к паразиту. Отравленные алкалоидом личинки ежемухи гибнут на ранней стадии, и зараженные ими гусеницы выживают. Но токсин есть токсин, когда его приходится поедать здоровым гусеницам, они умирают чаще, чем те, которым дают сахарозу. Таким образом, пищевое поведение *G. incorrupta* полностью соответствовало представлению о самолечении как проявлении адаптивной пластичности. Кстати, пример с гусеницами бабочек-медведиц интересен еще и тем, что после атаки паразита они не искали какое-то специальное средство, а просто увеличили потребление растений, которые и так входят в их рацион.

Все мы, посетители поликлиник, знаем, как важна профилактика. Программа самолечения животных предусматривает и такую возможность.

Швейцарские ученые под руководством Филиппа Кристи (университет Лозанны) обнаружили, что лесные муравьи *Formica paralugubris* тащат в гнезда крошки затвердевшей смолы. Такое поведение исследователи наблюдали и в полевых, и в лабораторных условиях. Если есть выбор, то насекомые предпочитают смолу, а не веточки или камешки, но только весной и летом, осенью муравьи к смоле безразличны. Смола — дезинфицирующее средство, она тормозит рост бактерий и грибов в муравьином гнезде. В лаборатории экспериментаторы заражали колонии муравьев патогенным для насекомых грибом *Metarhizium anisopliae*, однако насекомые тащили смолу и в зараженные, и в чистые гнезда с одинаковой частотой. Эти результаты показали, что муравьи собирают смолу неслучайно и скорее в профилактических, чем в лечебных целях.

Специалисты университета Эмори (Атланта, США) отмечают, что плодовые мухи *Drosophila melanogaster* предпочитают откладывать яйца в гниющие фрукты, в которых идет спиртовое брожение. Личинки дрозофилы охотно поедают дрожжи, растущие на этих фруктах, и этанол им не вредит. Зато он отпугивает ос, жelaющих отложить яйца в личинки дрозофилы. Если же это случается, личинки ос погибают в проспиртованном

теле хозяина. Исследователи не исключают, что и другие организмы могут использовать защитную силу алкоголя.

Зараженные паразитами бабочки-монархи *Danaus plexippus* пытаются избежать от этой участи свое потомство и откладывают яйца на молочай, сок которого обладает бактерицидными свойствами.

Исследователи из Национального университета Мехико наблюдали популяции домовых воробьев *Passer domesticus* и мексиканской чечевицы *Carpodacus mexicanus*, которые гнездились в университетском кампусе. Оказалось, что птички таскают в гнезда сигаретные окурки. В них сохраняется некоторое количество никотина и других компонентов, которые, видимо, отпугивают клещей. Чем больше в гнездах целлюлозы от окурков, тем меньше там паразитов. Исследователи соорудили в гнездах тепловые ловушки для приманивания клещей: батарейка и два нагревательных элемента. В некоторые ловушки помещали окурки, в другие — просто кусочки сигарет, из которых никотин не выделялся. Клещи ползли к источнику тепла и прилипали к клейкой ленте. Спустя 20 минут ловушки убирала и подсчитывали паразитов: к окуркам клещи ползли реже.

Известные случаи самолечения животных обобщили и классифицировали специалисты из Соединенных Штатов и Франции под руководством профессора Марка Хантера (Мичиганский университет). В обзорной статье, опубликованной в журнале «Science» (2013, v. 340, 150—151; doi:10.1126/science.1235824), ученые выделяют собственно лечение, при котором больные особи изменяют поведение, в том числе пищевое, чтобы исцелиться, и профилактическое, когда все животные, как больные, так и здоровые, ведут себя одинаково и принимают меры для предотвращения инфекции, в том числе паразитарной. Терапевтические и профилактические меры можно подразделить по объекту воздействия. В некоторых случаях животные заботятся о себе, как, например, бабуины или гусеницы бабочки-медведицы, в других защищают свое потомство, откладывая яйца в безопасное место. Так что самолечение животных не такое уж и «само». Не только для себя они стараются.

Авторы статьи в «Science» (кстати, это они наблюдали за бабочками-монархами на молочае) уверены, что из факта существования самолечения животных вытекает несколько важных следствий, на которые исследователи пока не обратили должного внимания.

Если лечение снижает жизнеспособность паразита, оно должно влиять и на эффективность его передачи или вирулентность. Есть несколько наблю-



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

дений, подтверждающих эту гипотезу. Известно, например, что, когда гусеницы непарного шелкопряда поедают листья, богатые фенольными соединениями, это сокращает передачу вируса полиэдроза и способствует вспышкам численности бабочек.

Развитие программы самолечения животных должно влиять на эволюцию их иммунной системы. Иммунный ответ — дорогостоящее удовольствие, и он не будет развиваться, если животные могут обходиться без него. В некоторых случаях лечение действительно заменяет клеточный и гуморальный иммунный ответы. Например, медоносные пчелы противостоят болезням, собирая растительные смолы с антимикробными свойствами. Свою добычу они приносят в улей, где смешивают в разных пропорциях с воском и получают прополис. Им покрывают внутренние стенки жилища и создают вокруг гнезда своеобразный защитный кокон. Анализ генома медоносной пчелы позволяет предположить, что у нее отсутствуют многие гены, ответственные за клеточный и гуморальный иммунный ответы. Его с успехом заменяет прополис.

И наконец, исследования самолечения животных непосредственно касаются здоровья и питания человека. Сельскохозяйственные животные будут меньше болеть, если дать им возможность позаботиться о себе. Например, многие пчеловоды отбирают семьи, которые не загрязняют соты смолой. В результате медоносные пчелы страдают от инфекционных болезней и паразитов. Если позволить им собирать прополис, это оздоровит пчел.

Кроме того, наблюдения за животными могут привести к открытию новых лекарств, полезных для человека. Собственно, люди издавна учились у животных использовать растения в медицинских целях, да и сейчас учатся. Если вспомнить о растущей устойчивости паразитов и патогенов к синтетическим лекарствам, изучение оздоровительных методов, практикуемых животными, может оказаться весьма перспективным.

Н. Анина

Знаешь ли ты, что значит «клещ»??



«В обувь ему, зловец и дик, вирусноносный клещ проник. Знаешь ли ты, что значит “клещ”? Это такая вещь», — спел Михаил Щербakov. То, что укусы клеща могут означать энцефалит, знают все. Вирус клещевого энцефалита — РНК-содержащий, из рода флавивирусов, имеет три подтипа: европейский, сибирский и дальневосточный; последний наиболее опасен, с уровнем смертности 20—40%. Первый передается главным образом при укусах собачьего клеща *Ixodes ricinus*, остальные два переносит таежный клещ *Ixodes persulcatus*. Клещ — и переносчик, и резервуар вируса. Личинки и нимфы (неполовозрелые особи) паразитируют на мелких грызунах, зайцах и птицах, взрослые клещи — в первую очередь на крупных млекопитающих. Май-июнь — самое «клещевое» время.

Энцефалит распространен в умеренных климатических зонах Европы и Азии, причем лидирует по количеству случаев Россия. Кроме нас, страдают Германия, Латвия, Литва, Польша, Словения, Чехия, Швеция, Швейцария, Эстония, а в Азии — Китай, Япония, Монголия, Корея.

Иксодовые клещи переносят не только вирус энцефалита, но и бактерии рода *Borrelia* (боррелиоз, или болезнь Лайма — по названию города в США, где впервые ее зарегистрировали), простейших рода *Babesia* (бабезиоз), а также возбудителей анаплазмоза, эрлихиоза и других опасных болезней.

Боррелиоз — самая распространенная болезнь, переносимая клещами, в Северном полушарии. В США средняя частота заболевания — примерно 8 человек на 100 тысяч населения (в некоторых районах до 32 человек), и она понемногу растет. Для сравнения: у нас в Сибири примерно так же часто болеют клещевым энцефалитом (20—52 человека). Болезнь Лайма встречается в Канаде и Европе, причем в Америке преобладает *Borrelia burgdorferi*, а в Европе и России — другие виды того же рода, *B. afzelii* и *B. garinii*. По мнению специалистов, боррелиоз в России не такая уж редкость, но многие переносят болезнь, не обращаясь к врачу, а это занижает статистические данные.

Хотя энцефалит вызывает вирус, а боррелиоз — бактерия, первые признаки этих заболеваний очень похожи. Впрочем, их также можно спутать с гриппом и началом многих других болезней. И здесь главное — вовремя спохватиться, поскольку нелеченная болезнь Лайма переходит в хроническую форму, поражает суставы, сердце, нервную систему и другие органы. Бывает трудно выявить истинную причину болезни (тот, кто лечится от ревматоидного артрита, может и не вспомнить, что его когда-то кусал клещ). В США больные даже устраивают манифестации, требуя признать причиной их болезни укус клеща и назначать адекватное лечение.

Бабезиоз распространен во всем мире, включая северо-запад и юг европейской части России, а также степные районы юга Сибири. Он может протекать бессимптомно, однако в тяжелых случаях клиническая картина напоминает малярию: лихорадка, головная боль и слабость, гемолиз (разрушение клеток крови), анемия. Вызывают его простейшие рода *Babesia*. Заболевание описали и связали с конкретным возбудителем только во второй половине XX века. Есть основания считать, что статистика по бабезиозу не отражает реальной картины, поскольку диагностировать его непросто.

Возможно, в ближайшие годы в аптеках появятся экспресс-тесты, позволяющие определить, был ли укусивший вас клещ носителем боррелии, вируса энцефалита либо простым кровососом. И не будем забывать о правилах безопасности: прививки перед выездом в опасные районы, обязательный головной убор, одежда с длинным рукавом, брюки, заправленные в обувь, репелленты и бдительность.

В последнее время клещей стало заметно больше, что подтверждает исследование, проведенное шведскими специалистами из Университета Упсалы, Каролинского института в Стокгольме и их американскими коллегами из университета штата Колорадо. Главными помощниками ученых были жители сельской местности и загородных домов, охотники и, конечно, собачники.

В апреле-мае 2009 года на страницах многих журналов появилась научно-популярная статья о клещах, к ней прилагался краткий опросник. Желающие могли сообщить, как часто и на каком расстоянии от их жилища встречаются эти малосимпатичные соседи, с какой периодичностью приходится их снимать с собак, других домашних животных или с человека, а также оценить, как обстояло дело с клещами десять лет назад. Ответы вроде «много» или «несколько» не рассматривались. Аналогичный опрос проводили в 1994 году.

Выяснилось, что за это время клещи решительно продвинулись на север, где раньше почти не встречались. И если в начале 1990-х в северных областях они обживали лишь тонкую полосу побережья Балтийского моря, то в 2008-м эта полоска стала весьма жирной полосой, а клещи устремились еще и в глубь страны. На юге Швеции они встречались всегда, но и здесь заметно расширился ареал их обитания, а заодно возросла «плотность населения». То же касается и центральных районов. Экспансия клещей наблюдается и в других странах — в горах Чехии, например, они теперь встречаются на высотах, где раньше их не бывало. Почему это происходит?

Взрослые особи клеща предпочитают в качестве хозяина европейскую косулю *Capreolus capreolus*. Численность этого вида в Швеции резко возросла: в 1955 году косуль было около 100 000, в 1985-м — в три раза больше, десять лет спустя — более миллиона. Интересно, что косули обвязаны этим чесоточному клещу, который вызвал эпидемию чесотки у их основных врагов — лис и рысей. Затем ситуация начала выравниваться, а холодные и очень снежные зимы 2009—2010 и 2010—2011 годов также снизили численность косуль. Однако продолжительность жизни *Ixodes ricinus* достигает шести лет, а потому даже временного увеличения популяции хозяина оказалось достаточно, чтобы клещи размножились и начали осваивать новые территории.

Другая причина — скорее всего, потепление климата. Клещи почти не встречаются там, где температура ниже -5°C держится более 170 дней и снежный покров не сходит более пяти месяцев, но из-за потепления таких областей становится меньше. Клещам выгодно раннее появление зеленой растительности и более длительная вегетация. К тому же потепление способствует освоению северных территорий оленевыми. Не следует забывать и о людях. Они переезжают с места на место, многие — в сопровождении собак, вместе с которыми путешествуют и клещи.

T. G. T. Jaenson, D. G. E. Jaenson, L. Eisen, E. Petersson and E. Lindgren. Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. «Parasites and Vectors», 2012, 5, 8, doi:10.1186/1756-3305-5-8.



Тематический поиск



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК

Да истребить этих клещей, и все дела! А если это невозможно, то создать неблагоприятные условия: траву стричь, леса и парки, где гуляют люди, расчищать, популяции носителей сокращать всеми мерами, где-то, возможно, и лес вырубить — здоровье нации дороже, а кто идет в тайгу, тот осознает риск и сам о себе позаботится... Но не все так просто.

С одной стороны, статистика показывает, что эти меры должны быть эффективны. Например, заболеваемость боррелиозом закономерно возрастает в ряду «город — пригород — сельская местность». С другой стороны, существует концепция «эффекта разбавления», согласно которой повышенное биоразнообразие снижает частоту передачи заболеваний, причем излюбленный пример ее сторонников — опять же боррелиоз. Суть ее в том, что представители видов, на которых паразитирует клещ, варьируют по компетентности, то есть по способности передавать насекомому возбудителя. Увеличение биоразнообразия увеличивает число некомпетентных хозяев — скажем, наряду с белоногим хомячком (зверек, типичный для США и очень клещеопасный) появляются и другие виды, которые лучше чистят свою шкурку и реже бывают укушены или даже при укусе по разным причинам не передают заразу клещу. Получается, что чем меньше воздействует человек на лес, тем больше в нем разных видов и тем меньше зараженных клещей. И некоторые наблюдения, а также математические модели это подтверждают. Однако «эффект разведения» подвергают резкой критике: мол, его сторонники руководствуются ненаучным интуитивным представлением, что природа мудра, а биоразнообразие — всегда и для всех хорошо, и аргументы их слабоваты.

Как утверждают авторы статьи в «Trends in Ecology and Evolution», правы и те, и другие. Все дело в масштабе, на котором ведется сравнение. Городской квартал, конечно, безопаснее, чем лес и поле. Но лесочек, угнетенный антропогенным фактором, может быть опаснее такого же лесочка, не тронутого людьми, именно в силу тех причин, о которых говорят сторонники «эффекта разбавления». При малом биоразнообразии передача паразита от мыши к клещу и от клеща к человеку упрощена и протекает без сбоев. В общем, необходимо сохранять в этом вопросе научную объективность, не поддаваясь ни призывам все вырубать под корень, ни пропаганде экологов. По мнению авторов, сохранение биоразнообразия — слишком рискованный путь борьбы с зоонозными инфекциями, однако вырубка лесов или строгая изоляция человека от природы тоже не идеальный выход. (Хотя если их рассуждения верны, то зона наибольшего риска — места регулярного неорганизованного отдыха, где биоразнообразие снижено, но траву никто не стрижет.) Лучше всего действовать точно — например, научиться контролировать популяции наиболее «опасных» хозяев клеща.

Хорошо бы избирательно уничтожить самого клеща или боррелию с помощью высокотехнологичного генетического

препарата. Но этот препарат еще надо создать, да и согласятся ли «зеленые»?..

C.L. Wood, K.D. Lafferty. *Biodiversity and disease: a synthesis of ecological perspectives on Lyme disease transmission*. «Trends in Ecology and Evolution», 2013, 28, 4, doi: 10.1016/j.tree.2012.10.011.

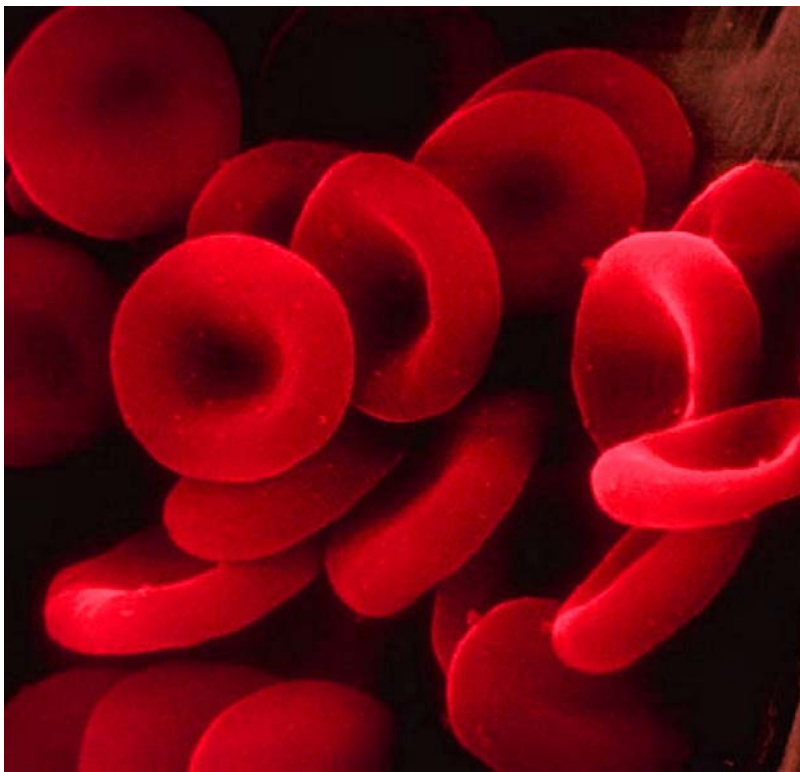
А есть ли опасные клещи в странах Южного полушария? Похоже, теперь есть. В 2012 году группа австралийских ученых (университет Мердока, Австралийский национальный университет и Королевский госпиталь Канберра) представила на конференции по зоонозным инфекциям в Сиднее доклад, в котором рассказала о первом случае бабезиоза, зарегистрированном в Австралии. Бабезиоз опасен для домашнего скота и собак (у последних аналогичное заболевание называется пироплазмозом, а самый распространенный возбудитель — *Babesia canis*, или *Pyroplasma canis*). «Человеческий» бабезиоз, вызванный *Babesia microti*, зачастую протекает бессимптомно, если только организм не ослаблен (после операции, у больного СПИДом). В этом случае течение довольно тяжелое, вплоть до летального исхода. Кстати, с начала XX века распространенность заболевания увеличивается, как считают, из-за распространения СПИДа.

Австралиец 56 лет был госпитализирован в 2010 году с тяжелыми травмами после ДТП. Он долго не мог оправиться, к тому же началась анемия, стала отказывать печень. Подозрение на малярию не подтвердилось. В его эритроцитах нашли характерную структуру — «мальтийский крест», которую образуют четыре клетки бабезии, и подтвердили диагноз секвенированием гена 18S рибосомной РНК возбудителя. Оказалось, что генотип бабезии, найденной у пациента, тот же, что и у *Babesia microti* из США. Заражение при переливании крови или инъекции удалось исключить, в Европе и Америке больной никогда не бывал. Ученые сделали вывод, что причина инфекции — укусы местного австралийского клеща. К сожалению, антибабезиозную терапию назначили поздно: спасти больного не смогли. Теперь австралийские медики размышляют о том, какие еще клещевые инфекции глобализация занесла в их часть света. Недавние обследования пациентов с подозрительными симптомами не радуют — найдены возбудители болезни Лайма, эрлихиоза, бартонеллеза, в том числе у людей, не покидавших Австралии.

S. Senanayake et al. *First report of human babesiosis in Australia*. «Medical Journal of Australia», 2012, 196, 350–352, doi: 10.5694/mja11.11378.

P.J. Mayne. *Emerging incidence of Lyme borreliosis, babesiosis, bartonellosis, and granulocytic ehrlichiosis in Australia*. «International Journal of General Medicine», 2011, 4, 845–852. doi: 10.2147/IJGM.S27336.

Выпуск подготовили
В. Благутина, Е. Котина, Е. Сутоцкая



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Раскрыта тайна редкой группы крови

Теперь, сделав всего два ДНК-теста, за несколько часов можно будет определить Vel-отрицательную группу крови человека. Это стало возможным благодаря исследованиям ученых из Университета Вермонта (University of Vermont) и Французского национального института гемотрансфузии (French National Institute of Blood Transfusion).

Брайан Баллиф, сотрудник университета Вермонта, и Лионель Арно с коллегами из Французского национального института гемотрансфузии раскрыли секрет белка SMIM1, который более 60 лет из-за своего маленького размера оставался загадкой для ученых всего мира.

Знать свою группу крови необходимо: вдруг понадобится переливание? В мембране эритроцитов, или красных кровяных клеток, содержится множество белков и углеводов, но они одинаковы не у всех людей. Если белок в эритроцитах донора не такой, как в собственных эритроцитах пациента, иммунная система реагирует на переливание, как на вражеское вторжение. Начинается мощная выработка антител, которые взаимодействуют с эритроцитами донора и вызывают их разрушение. Результатом может быть тяжелая почечная недостаточность или даже смерть пациента.

Самая известная система антигенов эритроцитов — АВ0: первая группа крови — 0, вторая — А, третья — В, четвертая — АВ. Антигены А и В и их «исходная» форма, характерная для

первой группы, отличаются составом углеводных цепочек, присоединенных к мембранному белку. Сравнима с ней по клинической важности резус-система: кровь человека, эритроциты которого содержат резус-фактор, или антиген D, нельзя переливать человеку, у которого нет этого антигена, даже если у него та же группа по системе АВ0. Но существуют и другие системы групп крови, более редкие и мало изученные. Новое открытие пополнило список — теперь их 33.

Некоторым людям сильно не повезло: в мембране их эритроцитов отсутствует некий белок или даже участок белка, который есть у подавляющего большинства людей. Это означает, что кровь большинства доноров вызовет у пациента с такой редкой группой иммунную реакцию. Гемотрансфузию проводят согласно всем необходимым требованиям, анализы показывают совпадение группы крови, резус-фактора донора и реципиента, но избежать фатальных осложнений не удается. Именно с такой проблемой французские медики столкнулись в 1952 году. Пациентке, болевшей раком толстой кишки, делали переливание, но внезапно началось

отторжение донорской крови. Тогда-то и заговорили о новой системе групп крови, которую впоследствии назвали по фамилии женщины — Vel.

До недавнего времени определить группу крови таких людей, как госпожа Вель, было очень трудно. Для исследований использовали антитела, которые извлекали из крови «Vel-отрицательных» пациентов после переливания им неподходящего донорского материала.

«Vel-кровь — одна из самых проблемных групп крови в большинстве стран, — говорят ученые. — Отчасти это объясняется ее редкостью, отчасти тем, что не проводится систематический скрининг донорской крови». На сегодня всего лишь один из 2500 человек имеет Vel-отрицательную кровь. Из-за этого многие больницы и банки крови не могли использовать кровь доноров, чтобы проводить сложные, длительные тесты.

Когда Брайан Баллиф в Вермонте открыл белок SMIM1, это позволило французским ученым под руководством Лионеля Арно обнаружить участок ДНК, отвечающий за его синтез. Ген этого белка состоит из четырех кодирующих участков — экзонов, располагается на конце хромосомы 1, вблизи *RHD* — гена белка резус-системы. У людей с Vel-отрицательной группой крови в гене *SMIM1* отсутствует небольшой участок кодирующей последовательности — пропущены всего 17 «букв»-нуклеотидов. Благодаря этому открытию ученые смогли разработать два ДНК-теста, и теперь Vel-отрицательную группу крови можно выявить за короткое время («EMBO Molecular Medicine», 2013, 5, 5, 751—761, doi: 10.1002/emmm.201302466, статья в свободном доступе).

«Даже если вы — один на две с половиной тысячи человек, мы знаем, как быстро определить группу крови и помочь вам при переливании», — говорит Брайан Баллиф. Это действительно очень важно: в Европе и Северной Америке проживает около двухсот тысяч человек с Vel-отрицательной группой.

С. Фролова

Коммунальное сафари

Константин
Климентьев

Дверь подвала со скрежетом отворилась. Из крошечной тьмы пахнуло влажным теплом, сырой штукатуркой и ржавчиной. Егорыч замер на пороге, не торопясь включить фонарь.

— Не топочи, — прошептал он. — Чуешь?

Сначала Серега не понял, что Егорыч имел в виду. Потом сообразил: из проема доносилось слабое гудение, словно где-то далеко-далеко, в глубине подвала, клубился пчелиный рой.

— Целый выводок, — покачал головой Егорыч. — Заряжай, практикант, «пушки».

...Пустотелые керамические оболочки сотнями лопались под ногами. Тонко пели невидимые комары. Серега настороженно водил лучом фонарика по трубам, проложенным вдоль стен и обернутым лохматой стекловатой.

Брючины заправлены в сапоги, ремешок шлема застегнут, на руках перчатки. Даже если микросхема найдет открытую кожу, ей потребуется несколько минут, чтобы протиснуть волоски контактов до нервного волокна. А пока не успела — просто вытащи ножки и смажь ранку йодом.

Но все равно — до тошноты противно.

Поэтому Серега двинулся на полусогнутых, словно Чингачгук по лагерю спящих бледнолицых, — всматриваясь в тени и вслушиваясь в шорохи.

Однако первую живую микросхему засек все же Егорыч, который шагнул вразвалочку, небрежно светя под ноги. Он мазнул в сторону лучом: гляди, мол. Серега всмотрелся — на кирпичной стене, покрытой пятнами белой плесени, шевельнулось что-то маленькое и выпуклое.

— Дикая микруха, однозначно.

Серега отшатнулся, вскинул раструб деактиватора.

— Погодь, не суетись, — придержал его руку Егорыч. — На обратном пути займемся. Сначала надо гнездо сотовых разорить.

Иони двинулись дальше. С каждым шагом гудение усиливалось. Где-то впереди, во тьме затаился выводок телефонов-мутантов, работающих в режиме виброзвонка. Присосались к высоковольтным кабелям и жируют. А жители потом удивляются, почему лампочки мигают и за свет платить приходится сверх обычного.

С каким же удовольствием Серега нажмет на спуск деактиватора, а потом растопчет оглушенных тварей в стеклянно-металлическую труху!

Вы никогда не выбрасывали на помойку почти еще новую, купленную всего несколько лет назад вещь?

А ведь прогресс не стоит на месте. Увы, рано или поздно старые компьютеры перестают дружить с новыми программами. Телевизоры отказываются понимать новые форматы сигналов. Телефоны не принимают звонки, оформленные по правилам новых протоколов.

Это значит — пора выкидывать старье и покупать современную модель.

В течение десятилетий морально устаревшая цифровая техника, битком набитая логическими матрицами, микроконтроллерами и вспомогательными чипами, копилась на свалках. Ее поливало кислотными дождями, обдувало фенолформальдегидными ветрами, облучало через озоновые дыры радиоактивным солнышком. В случайные моменты времени в случайных точках появлялись и пропадали электрические потенциалы. Одни контакты рвали, другие возникали. Одни диоды выгорали, другие транзисторы вдруг начинали работать.

И однажды помойки зашевелились...

...Источник гудения был совсем рядом. Егорыч замер.

— Гляди, — прохрипел он.

Обмирая от ужаса, Серега увидел в луче фонаря оскаленную прямо на него пасть, а чуть ниже — какую-то пульсирующую кучу,



НАНОФАНТАСТИКА

которая с омерзительным визгом вдруг распалась на десятки стремительных силуэтов, бросившись в разные стороны, на стены и под ноги людям. Серегин палец вдавил спусковую кнопку — полыхнуло голубизной и ударило во все стороны горячим ветром, но тут же что-то тугим клубком прокатилось по голенищу сапога, а сверху, с потолка, сметенные воздушной волной, посыпались на шлем и плечи цепкие комочки.

Воя во все горло, размахивая руками и подпрыгивая, Серега бросился к выходу!

— ...Экий ты, однако, слабонервный, — бормотал Егорыч, расстегивая Сереге воротник. — Мышей до обморока испугался.

Серега полулежал на ступеньках подвала, шлем и деактиватор валялись рядом. В ушах звенело, губы пересохли.

— Каких мышей? — простонал Серега.

— Да обыкновенных, — терпеливо пояснил Егорыч. — Серых, с хвостиками. В подвале, под дверью трансформатора, скопилось тряпье, там-то они и устроили гнездо.

— Значит, это гудели не телефоны, а трансформатор?

— Он самый, — подтвердил Егорыч. — Ты что, разве не видел на дверце череп с косточками и надпись про высокое напряжение? Я же специально фонарем светил.

Серега прикрыл глаза — не столько от слабости, сколько от стыда.

— Погодь, это еще не все, — заговорщицким тоном сказал Егорыч. — Диких микросхем там тоже не оказалось. А вместо них...

В пустом спичечном коробке, который он достал из кармана, что-то слабо шевуршилось.

— Тараканы! — возвестил Егорыч. — Настоящие! Я их живьем лет двадцать не видел.

Потом они сидели на ступеньках, вытянув ноги в тяжелых сапогах, дымя сигаретами и рассеянно наблюдая, как асфальт парит в лучах выглянувшего солнышка.

— Рыжие — они поменьше, но пошустрей, — рассказывал Егорыч. — А черные размером и в полпальца бывали. Надо ученым сообщить, пусть тараканов в зоопарк переселят. Да и мышей. Негоже под жилым домом-то...

Серега вполуха слушал старика, жмурился на солнышко и думал, что раз исчезнувшие было насекомые и грызуны возвращаются, значит, жизнь берет свое — и это здорово.

А еще он мечтал, что выпросит у Егорыча таракана и принесет домой. Это ведь редчайшая редкость. Реликт и раритет. Серега устроит ему норку, насыплет крошек и накапает в пивную пробку воды.

Только бы не отобрали.

Ей-же-ей, товарищи ученые, для зоопарка вам и остальных тараканов хватит!

Акулы — страшные и очаровательные

Ольга Арнольд

Не так давно одна моя знакомая, собираясь в отпуск, заявила:

— Все, я в Египет ни ногой!

— Что, исламистов испугалась? — спросила я.

— Нет, акул! И что ты пожимаешь плечами?

Я попыталась рассказать ей, что среди акул очень мало людоедов, но моя приятельница, напуганная нападениями акул на людей в египетском Шарм-эль-Шейхе в ноябре — декабре 2010 года и в нашем Приморье в августе 2011-го, слушать ничего не хотела. Что поделать, в представлении большинства людей все акулы — потенциальные убийцы. Хотя на самом деле еще неизвестно, кто для кого опаснее.

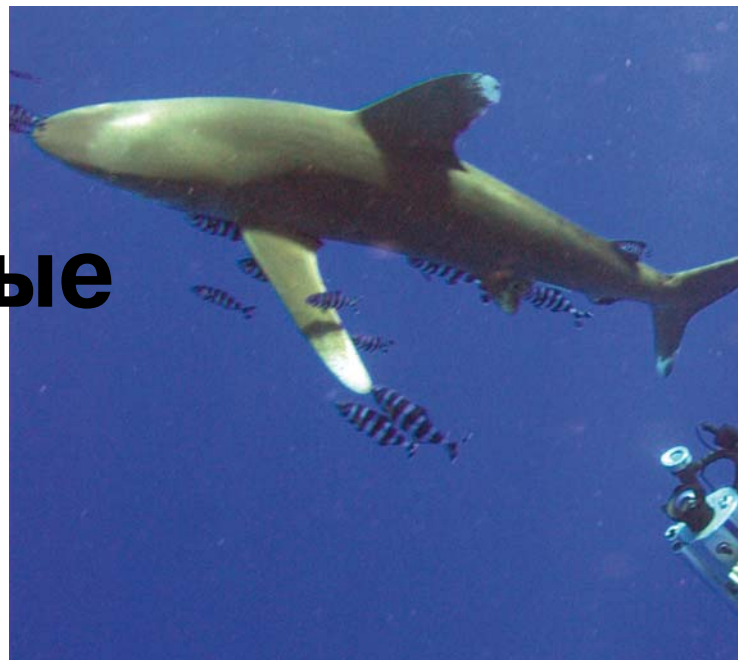
Кино и жизнь

Мы с детства помним завязку «Детей капитана Гранта» — бутылку с письмом, найденную в желудке акулы-молота. Акула у Жюль Верна поплатилась жизнью за дурную славу сородичей — заметив ее с борта яхты, матросы тут же, с разрешения начальства, поймали ее и убили. В наше время настоящая эпидемия ненависти вспыхнула после того, как в 1974 году появилась книга Питера Бенчли «Челюсти», а в 1975-м — ее знаменитая экранизация, снятая Стивеном Спилбергом. Надо сказать, что создатели фильма вовсе не рассчитывали на такой эффект. Акул, и вовсе не только больших белых, стали истреблять не просто тысячами — сотнями тысяч. Их убивали профессиональные охотники на акул, коллекционеры и просто рыболовы-любители. Убивали с чистой совестью: казнили людоедов! Вилли Янг по прозвищу Капитан Акуля Смерть за 50 лет убил 100 000 акул, зачастую по 20—30 особей в день. И до сих пор каждый год сотни тысяч акул гибнут из-за кулинарных пристрастий людей: из их плавников варят деликатесный суп. Поварам нужны только плавники, поэтому нередко их отрезают и по-зверски оставляют изувеченных рыб умирать.

Неудивительно, что в нашем веке многие виды акул, ранее многочисленные, находятся на грани вымирания и занесены в Красную книгу. А Питер Бенчли чуть ли не всю дальнейшую жизнь после «Челюстей» (он умер в 2006 году) пытался искупить свою вину: он основал фонд защиты акул и много сделал для их выживания и сохранения среды их обитания — Мирового океана.

На самом деле гораздо больше людей погибает, отведав супа из акулых плавников, чем от зубов акулы. Вот статистические данные, собранные Флоридским музеем естественной истории: с 1990 по 2005 год включительно во всем мире было зарегистрировано 870 нападений акул на людей, из них 90 со смертельным исходом. Больше всего людей от их зубов погибло в Австралии (18), Бразилии (13), ЮАР (9) и Соединенных Штатах (10), в том числе четверо во Флориде, столько же на Гавайях и двое в Калифорнии. За 16 лет — не так уж много.

Несмотря на то что все больше людей вторгается в их владения, нападений в среднем не становится больше, наоборот,



по данным некоторых ученых, в частности крупнейшего в мире специалиста по опасным акулам Джорджа Берджеса из университета штата Флорида, число жертв снижается.

Из более чем 400 видов акул реальную опасность для человека представляют от силы восемь, с большими натяжками — десять, и лишь четырех по праву можно назвать людоедами. И даже их нападения скорее случайны — ведь мы с акулами живем в разных мирах и встречаемся крайне редко, а потому никак не можем служить им привычной пищей.

Однако был период, когда акулы пользовались вполне заслуженной славой людоедов, — во время Второй мировой войны и сразу после нее. Вот только два печальных примера из многих. В 1942 году немецкая субмарина потопила английский транспорт «Нова Скотия» в тридцати милях от побережья ЮАР. На борту, кроме экипажа, находились 765 итальянских военнопленных и 134 южноафриканских солдата, возвращавшихся с театра военных действий на родину. Большинство шлюпок было разбито, и уцелевшие люди держались на воде при помощи спасательных поясов и плотов. Вскоре появились акулы. Спасение пришло только через шестьдесят часов, но очень немногие до него дожили: португальское судно подняло на борт только 192 человека. Почти у всех трупов, плававших на поверхности в спасательных жилетах, были откушены ноги. Другой трагический случай произошел в ночь после бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. Корабль ВМС США «Индианополис», перевозивший компоненты ядерных бомб, уже после выполнения миссии, около полуночи, был атакован японской подводной лодкой и затонул. У экипажа



Фото: И. Зайцев, Б. Тарасов

Лонгиманус и видеооператор



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

ют до сих пор) в бога Моруа, который сначала создал акулу, а потом человека и наделил их обоих магией. На Тонга ловцы акул обязаны соблюдать определенный ритуал: если перед охотой употребить в пищу наземное животное или переспать с женщиной, то магия пропадет и ловец вернется домой ни с чем. В Европе оборотнями считали людей, превращавшихся в волков, на островах Тихого океана — человека-акулу. Даже если акула — это добыча, все равно ей оказывали почести. Почитали акул и во Вьетнаме. Китовую акулу называли здесь Царем рыб; кости китовых акул хоронили в храмах с соблюдением священных ритуалов. К сожалению, это не мешает современным вьетнамцам истреблять акул в коммерческих целях.

Жители Соломоновых островов учили детей общаться с акулами с самых ранних лет. Дети плавали вместе с небольшими акулами в специальных бассейнах, и у них пропадал страх, к тому же юные островитяне обучались правилам поведения, необходимым при встрече с ними в море. Однако не всюду дело обстояло так идиллически. На многих островах Тихого океана в бассейны с акулами, на мучительную смерть, бросали пленных и осужденных преступников. На Гавайях сохранились развалины акульих амфитеатров, один из них был расположен именно там, где много позже американцы устроили печальную знаменитую базу военно-морского флота Пёрл-Харбор. Местные гладиаторы были вооружены деревянным кинжалом с вставленным в него зубом акулы; победить акулу можно было, только поднырнув под нее и распоров ей брюхо.

Древние, но не примитивные

Акулы — во многом парадоксальные создания. Класс хрящевых рыб, к которому они относятся, считается едва ли не самым примитивным среди позвоночных животных. У акул нет настоящего костного скелета, нет плавательного пузыря, так что они не могут неподвижно зависнуть в воде, а вынуждены все время плыть. Постоянно двигаться им необходимо и для того, чтобы дышать: у них отсутствуют жаберные мышцы, ток свежей воды через жабры обеспечивается только движением самой акулы. Правда, в океане есть места в океане с сильным течением, где акулы, лежа на дне или в гротах, «отдыхают», а у некоторых придонных и рифовых акул развились мускулы, которые обеспечивают дыхание.

В то же время у акул очень прогрессивная и сложная система размножения. У них внутреннее оплодотворение (чего нет у «вышестоящих» рыб и земноводных): самец и самка совершают половой акт в самом привычном для нас смысле. Правда, обычно это выглядит как жестокое насилие, самке приходится долго приходить в себя и заживлять раны. В отличие от костных рыб, акулы производят на свет немногочисленное потомство, зато новорожденные акулата хорошо развиты и приспособлены к борьбе за выживание. Многие акулы живородящие, у них есть и истинное живорождение, когда зародыши развиваются в настоящей матке, питаясь за счет организма матери через плаценту, и яйцеживорождение, при котором яйца созревают в утробе, защищенные от всех внешних воз-

не было времени спускать шлюпки, и 900 человек в одних спасательных жилетах оказались в воде. Вокруг них кружили акулы, но медлили с нападением. Помощь запаздывала. Утром акулы стали набрасываться на людей, и в следующие сутки убили около ста человек. Из-за секретности миссии «Индия-нополиса» о его гибели долго не было известно, и спасатели появились только через четыре дня. Поиски продолжались до 8 августа, к этому времени в живых остались 317 человек, все остальные погибли ужасной смертью. В послевоенное время многие морские катастрофы, большие и малые, тоже сопровождалась нападениями акул-людоедов.

Следует учесть, что при кораблекрушениях в море часто попадают люди раненые, истекающие кровью, барахтающиеся, то есть подающие те самые сигналы, которые говорят акулам о присутствии добычи. Когда в воде свежая кровь и много еды, акулы впадают в возбужденное состояние, которое называют пищевой лихорадкой: они начинают беспорядочно метаться, разрывая на куски все, что находится в поле их зрения, — рыбу, любых других животных, в том числе и человека, и даже друг друга. Тому, кто видел это своими глазами, нетрудно представить ужас, который испытывали перед смертью жертвы кораблекрушений.

У европейцев акулы вызывают в основном отвращение и страх, однако народы, давно знакомые с ними, находят им достойное место в своей культуре, как наши предки — медведю и волку. В Юго-Восточной Азии и Океании с древних времен исповедовали культ Акулы, и, несмотря на все усилия миссионеров, он жив до сих пор. На Соломоновых островах поклонялись Акульему богу и приносили ему человеческие жертвы. На некоторых из Гавайских островов Великая Акула, Мохо, была добрым божеством, защищавшим от наводнений, приходившим на помощь рыбакам и отгонявшим врагов. Доброта не мешала ему принимать дары, том числе и живых людей. Жители островов Тонга веровали (и, возможно, веру-

действий. (Впрочем, яйца тех акул, которые их откладывают, обычно тоже неплохо защищены твердой капсулой.) У некоторых акул существует оофагия, при которой зародыши питаются неоплодотворенными яйцами, и эмбриональный каннибализм — еще не до конца сформировавшийся акуленок поедает своих братьев и сестер прямо в утробе матери. Имунитет у акул «железный»; считается, что именно поэтому у них не бывает рака. А вот хрящи акулы совершенно напрасно разрекламированы как противораковое средство.

У акул великолепно развиты многие органы чувств. Обоняние у них исключительное: несколько капель крови они чувствуют на расстоянии нескольких километров; часть головного мозга, занимающаяся анализом обонятельных сигналов, занимает две трети его объема. Акулы могут фокусировать взгляд; зрение у них черно-белое, лучше всего они видят движущиеся объекты, порою теряя из поля зрения объекты неподвижные. У них, как и у всех рыб, есть боковая линия — система специальных каналовцев, воспринимающая механические колебания. Именно поэтому акулы так яростно набрасываются на всех животных, барахтающихся в воде, — они реагируют на быстрые движения, которые к тому же вызывают волнение воды. И еще у акул, в отличие от большинства костных рыб, есть орган чувств, воспринимающий электрические импульсы, — это ампулы Лоренцини, расположенные в небольших ямках подо ртом.

Благодаря всем этим приспособлениям акулы, появившиеся задолго до динозавров, 350 млн. лет назад, в палеозое, выжившие 252 млн. лет назад во время великого пермского вымирания, когда погибло 96% морской фауны, пережили гигантских ящеров и процветают по сей день. Вернее, процветали бы, если бы не мы, люди. Кстати, многие виды акул сохраняются неизменными на протяжении миллионов лет. Так, считается, что белой акуле около 60 млн. лет, а самой «молодой», акуле-молоту, — примерно 25 млн.

Что особенно примечательно в акулах — это их мозг, большой и сложно устроенный. Кстати, первым изучал его строение Н.Н.Миклухо-Маклай — он занимался систематикой и анатомией морских организмов задолго до прославивших его этнографических экспедиций. Соотношение размеров мозга и тела у акул — почти как у собаки, намного выше, чем у костных рыб. Простые пищевые условные рефлексы у некоторых видов акул, с которыми работали ученые, вырабатываются быстрее и сохраняются дольше, чем, например, у кошек.

Рейтинги людоедов

Реальную угрозу для человека представляют акулы, относящиеся к двум семействам: сельдевых акул, куда входят большая белая акула, иначе кархародон, и короткоплавниковая акула-мако, и семейства серых акул, к которым относятся бычья, или тупорылая, акула, тигровая акула и океаническая длиннокрылая акула. Эти рыбы вполне заслужили клеймо людоедов. Опасными также считаются некоторые другие представители семейства серых акул и молотоголовые акулы, особенно гигантская акула-молот.

Вообще говоря, любые акулы, даже самые маленькие, могут напасть, если их спровоцировать, например схватить за хвост. Нельзя подкармливать акул, иначе они привыкнут рассматривать людей как источник пищи, а разбираться, съедобны ли руки человека или то, что он в них держит, не будут. Раньше акулы часто нападали на ныряльщиков, занимавшихся подводной охотой, но так как сейчас под водой ловить рыбу можно только без акваланга, таких случаев стало меньше. Кроме того, люди нередко купаются и занимаются серфингом там, где много опасных акул, прекрасно сознавая при этом, на что идут. Чаще всего акулы нападают на серферов и купальщиков. 70% нападений случилось на глубине менее полутора метров, и четверть — когда жертва стояла по пояс в воде. Дайверов акулы не едят, они крайне редко становятся жертвами акул,



Длиннокрылая акула пытается помешать дайверу выйти из воды

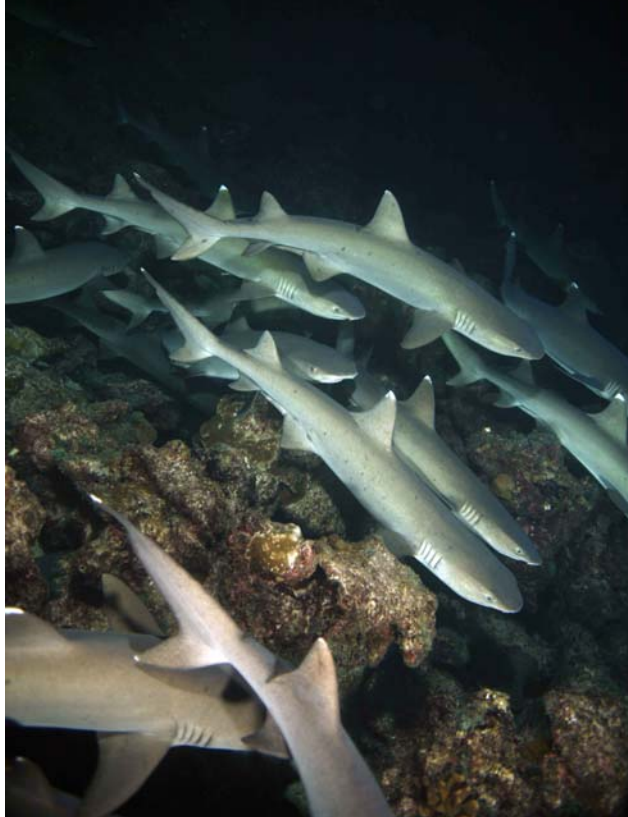
обычно только тогда, когда сами провоцируют их.

Людоедом номер один считается большая белая акула, героиня «Челюстей». Распространено мнение, что встречи с ней почти всегда заканчиваются фатально, но это не совсем так. Кстати, почему акулу называют белой, если спина у нее серо-стальная или темно-коричневая, и серповидный спинной плавник тоже темный? Дело в том, что брюхо у нее снежно-белое. Ну а «большая» — тут все верно. По рассказам очевидцев, в длину белые акулы достигают 10—12 и даже 15 м. Однако зоологи знают, что показания очевидцев надо уменьшать на треть — у страха глаза велики. Обычные размеры белой акулы — 5—6 м при весе до 2000 кг. Из ныне живущих рыб по величине она уступает только китовой и гигантской акулам.

У белых акул особенно большой и развитый мозг, в несколько раз больше, чем у сравнимого с ней по размеру крокодила. Еще бы, их любимая еда — умные, ловкие, увертливые коттики, чтобы охотиться на них, надо быть не глупее. А еще белые акулы любознательны — новые, необычные предметы их притягивают, например, они пробуют на зуб лопасти винта лодочного мотора: а что это такое? Некоторые биологи считают, что у белых акул есть зачатки социальности. Они общаются друг с другом при помощи языка тела; так, особое положение грудных плавников означает «держи дистанцию». Если им попадается очень крупная добыча вроде недоеденного косатками трупа кита, то акулы подплывают к еде, соблюдая строгую иерархию, которая у них определяется исключительно размерами. Мелкие молодые акулы терпеливо ждут, пока наедятся крупные. По мнению доктора Леонарда Компаньо, директора Центра исследования акул в Кейптауне, «безусловно, некоторые действия белых акул кажутся вполне осмысленными».

Зубы белой акулы представляют собой устрашающее зрелище: широкие зазубренные треугольники до 5 см длиной. Питаются белые акулы не только рыбой, черепахами, морскими млекопитающими, но и другими акулами. Крупную добычу разрывают на куски — жевать у рыб не принято. Бывает, что они нападают и на лодки. Кстати, эта акула отнюдь не холоднокровна, как большинство рыб, температура ее тела выше температуры окружающей среды за счет работы мышц, потому она и встречается в относительно прохладных водах.

Охотится ли белая акула на людей? По этому поводу существуют разные мнения. Доктор Питер Кимли из Калифорнийского университета, изучавший акул на протяжении 30 лет, собрал более 350 свидетельств того, что люди в зубы гигантских белых акул попадают лишь по чистой случайности. Вот, например, выдержка из дневника американского дайвера Марка Флэгга: «Повреждения, которые нанесла мне большая



Белоперые рифовые акулы

белая акула, учитывая обстоятельства, оказались очень легкими. Я готов утверждать, что, попробовав меня только один раз, акула отказалась от идеи сожрать меня. Более того, акула убралась восвояси, не потревожив моих партнеров по погружению, находившихся неподалеку». Конечно, куда тощему человеку до жирного котика! У человека, ставшего жертвой белой акулы, очень много шансов остаться в живых, особенно если он сопротивляется. Однако есть свидетельства того, что кархародоны далеко не всегда нападают «по ошибке»; например, профессор Бердженс считает, что не все они находят человечину отвратительной.

Большие белые акулы занесены в Красную книгу, во всем Мировом океане их около 3500. Это рыбы умеренных и субтропических вод. Во множестве их можно наблюдать возле больших лежбищ тюленей и котиков — у самого юга Африки, в заливе Монтеррей в Калифорнии, у берегов Австралии. Как ни странно, их много и в Средиземном море, в Тихом океане они доходят на север до портов нашего Дальнего Востока. Они совершают очень длинные миграции: так, помеченная радиобуем молодая самка, которой дали имя Николь, дважды пересекла Индийский океан за девять месяцев, покрыв за это время 22 тысячи км и проделав путь от берегов Южной Африки до Австралии и обратно!

Родственница большой белой акулы — изящнейшая акула мако — может достигать 3,5—4 м в длину при весе около 450 кг. Это самая быстрая из всех акул, она способна обгонять небольшие суда и, подобно своей более крупной родственнице, теплокровна. Она обладает неукротимым характером, агрессивна и, атакуя добычу, легко и высоко выпрыгивает из воды. Питается головоногими моллюсками и различными рыбами, иногда очень крупными. Бывает, что акула мако нападает на лодки в открытом море, а подходя к берегу, становится опасной и для купальщиков. Поразительный случай произошел в 1956 году у берегов Пуэрто-Рико. Крупную акулу мако, приблизившуюся к пляжу, на глубине всего около метра подстрелили из гарпунного ружья. Сделав резкий рывок в сторону моря, она освободилась от стрелы, развернулась и бросилась на стрелка, стоявшего на берегу. Акула выскочила из воды прямо на пляж и пыталась схватить его на суше.

Людоедом номер два после белой считается тигровая акула; в тропических водах она наиболее опасна для человека. Это очень крупная рыба, до пяти метров длиной, хотя есть сведения, что встречаются девятиметровые экземпляры. Полосы есть только у молодых особей, с возрастом они исчезают. У тигровой акулы большие, грубо зазубренные зубы, она легко прокусывает панцирь морской черепахи, а уж откусить руку человека ей ничего не стоит. Тигровые акулы едят все, что движется, не брезгают падалью и отбросами, с удовольствием пожирают более мелких сородичей. В их желудках находили упавших в воду перелетных птиц, бакланов, морских змей, части тел дельфинов и крокодилов, человеческие останки. Кроме того, из них извлекали собак, кошек, оленины рога, тряпки, ботинки, мешки угля, консервные банки, пивные бутылки, кошельки и мешки с деньгами, сигареты и даже автомобильные номера. Рыбаки с острова Пуэрто-Рико однажды поймали акулу с животом, набитым динамитом. Незадолго до этого расширили вход в гавань Сан-Хуан, используя взрывчатку, а через некоторое время после подводных работ в море прогремело несколько таинственных взрывов, и власти никак не могли установить их причину... Другая акула проглотила глубинную бомбу, выпущенную с корабля при промерах глубин в Тихом океане. Ей очень не повезло: небольшая бомба была снабжена часовым механизмом и взорвалась через несколько секунд после того, как попала в пасть обжоры.

Тупорылая, или бычья, акула по степени опасности для человека стоит на третьем месте после большой белой и тигровой. По сравнению с этими гигантами бычья акула просто крошки — в редких случаях достигает длины 3,5 метров, — зато они, наверное, самые свирепые твари на свете. Содержание тестостерона у них в крови самое высокое в животном мире, и они охотно питаются теплокровными зверями. Отсюда и название — бычья, бывает, они нападают на скот у водопоя. Из всех акул только бычьи заходят в реки; в Амазонке их встречали в 4000 километрах от устья. Органы выделения у бычьей акулы устроены так, что задерживают соль в организме, и поэтому она может существовать в опресненных и пресных водах, где другие акулы не выживают. Бычьи акулы живородящи, и роды у них происходят обычно в дельтах больших рек, где смешиваются потоки речной и морской воды.

Бычья акула отличается еще одной особенностью: кажется, ей действительно нравится кушать людей. Хотя окончательно доказать это не удалось, многие нападения, совершенные у берегов Флориды, на счет бычьих акул. В водах Южной Африки за последние полвека было атаковано около 60 человек, купавшихся у самого берега, и почти половина из них погибла. А сколько людей съели бычьи акулы в озере Никарагуа, где много веков живет их пресноводная популяция, неизвестно: кто же будет считать бедных пеонов?

Именно бычья акула, а не большая белая, должна была бы стать по справедливости героиней фильма «Челюсти». История, которая побудила Питера Бенчли написать его знаменитый роман, случилась в июле 1916 года в штате Нью-Джерси, на Атлантическом побережье США. Первое смертельное нападение акулы произошло у пляжа Лонг-Бич-Айленд, через пять дней в море погиб еще один купальщик, и началась паника. Потом были несколько атак в узкой мутной речке Мэтовон-Крик, в 11

километрах от океана. Жертвами стали еще два мальчика и спасатель; выжил только один из подростков, которого товарищи буквально вырвали из пасти акулы. Виновницей посчитали молодую белую акулу, пойманную в заливе, но, как известно, кархародоны в реки не заходят. В наши дни, когда биология акул изучена гораздо лучше, исследователи склоняются к тому, что в реке могла бесчинствовать только бычья акула.

Океаническую длиннокрылую акулу, или лонгимануса, в рейтинге опасных для человека акул обычно ставят на четвертое место, но далеко не все исследователи с этим согласны. Жак Ив Кусто считал, что эта акула гораздо страшнее остальных. Достаточно сказать, что лонгиманусы съели гораздо больше людей, чем все другие акулы, вместе взятые, потому что они всегда бывают первыми на месте кораблекрушений.

Длиннокрылые акулы достигают в длину 3,5—4 м. Это обитатели теплых морей; они встречаются в тропическом поясе всех океанов. В свое время они были многочисленны, но из-за интенсивного вылова попали в число наиболее охраняемых видов. Внешний облик этой акулы очень характерен, ее не спутаешь ни с какой другой благодаря длинным, широко расставленным грудным плавникам с белыми кончиками. Они одинаково активны в любое время суток. Их постоянные спутники — рыбы-лоцманы, чуть реже — прилипалы. Раньше считалось, что рыбы-лоцманы указывают добычу «подслеповатым» акулам, на самом деле они подбирают крохи с их стола, а хозяева терпят их, потому что те выполняют функции чистильщиков.

Парадоксально, но факт: обитатели глубоких вод, длиннокрылые акулы питаются почти исключительно у самой поверхности воды. Их обонятельные органы устроены так, что они могут различать запахи не только в воде, но и в воздухе. Поскольку в воздухе запахи распространяются быстрее, чем в водной среде, длиннокрылые акулы часто опережают акул других видов, например, у потерпевшего бедствие судна, «верхним чутьем» унюхав еду. Их рацион весьма разнообразен: в него входят рыбы, головоногие моллюски, морские черепахи, тунцы, за косяками которых они нередко следуют.

Следуют они и за судами. Акулы живут в океанах многие миллионы лет, а люди начали пересекать океаны совсем недавно. Но длиннокрылые быстро приспособились — рядом с людьми всегда есть чем поживиться: и возле рыбацких лодок, где можно «перехватить» пойманную людьми рыбу, и возле больших кораблей, с которых выбрасывают отходы. Обычно они двигаются неторопливо, как бы с ленцой (это вообще одни из самых медленно плавающих акул), нарезая широкие круги, но резко ускоряются, если их внимание что-то привлекает. Почуввав добычу, они становятся агрессивными и легко впадают в пищевую лихорадку. К объекту своего интереса приближаются осторожно, но настойчиво; получив отпор, уплывают, чтобы снова вернуться.

Шарм-эль-Шейх и Приморье: почему?

По каким-то неясным еще причинам в определенное время года, весной, океанические длиннокрылые акулы заходят во внутреннее Красное море. В мае 2009 года во время экспедиции на дальний юг Красного моря, организованной журналом «Предельная глубина», нам встретилось несколько длиннокрылых акул, которые кружили вокруг сафариных судов и сопровождали дайверов при погружениях. К тому времени в Египте много лет не отмечалось нападений лонгиманусов на людей, мы спокойно плавали и ныряли в их присутствии, соблюдая элементарные правила безопасности. Акулы казались почти дружелюбными, только порою чересчур любопытными, но никаких опасных инцидентов, связанных с ними, не было, хотя пару раз и приходилось их отгонять ударами по носу. К сожалению, через несколько дней после того, как мы вернулись в Москву, две акулы из наших «знакомцев» в приступе пищевой лихорадки растерзали француженку, которая отдалась от

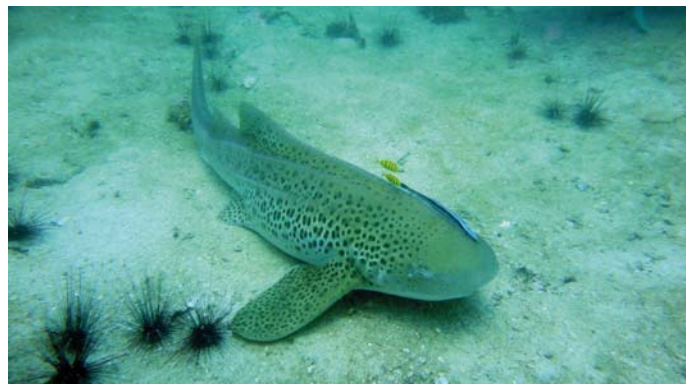
бота и в одиночку плавала в открытом купальнике, «светясь» белой кожей — а все светлое и блестящее акул привлекает. После этого трагического инцидента правила поведения дайверов в присутствии акул в Египте были ужесточены.

Как уже говорилось, акулы вообще и лонгиманусы в частности дайверами не питаются. Они не рассматривают нас как добычу. Ныряльщики под водой не суетятся, двигаются плавно, при случае могут и ударить. Акулы не идиоты, они не позарятся на жертву, которая сопротивляется. Обычно они нападают на слабых, маленьких и явно трусливых созданий. Человек всегда должен помнить, что он не добыча, а хищник высокого ранга (и не только под водой, но при встрече с любыми опасными дикими животными), и вести себя соответственно.

В Шарм-эль-Шейхе людей атаковала хорошо знакомая дайверам и биологам крупная самка лонгимануса. Во время первого нападения ее даже сфотографировали. Дело в том, что у ученых есть практически полный каталог длиннокрылых акул Красного моря (их около 500), с фотографиями и рисунками, по которым их можно идентифицировать, — у каждой особи свое расположение пятен на теле, характерные шрамы. В промежутке между нападениями дайверы видели эту самку, настроенную совершенно не агрессивно, в морском заповеднике рядом с курортом. Немедленно сообщили об этом египетским властям, но те проигнорировали информацию и не закрыли пляжи. Кстати, во время одного из инцидентов акула сперва попыталась напасть на купальщицу, рядом с которой был ее муж, тот оказал достойное сопротивление, и акула нашла себе другую, беспомощную жертву.

А вообще, «акуля неделя» — цепочка почти невероятных совпадений. В ноябре — декабре 2010 года в Шарм-эль-Шейхе за шесть дней серьезно пострадали четыре человека и одна туристка погибла, причем на людей у пляжа нападали сразу две акулы: эта самая длиннокрылая акула и короткоплавниковая акула мако. Обеспокоенные паникой среди туристов, египтяне пригласили иностранных ученых. По мнению комиссии во главе с профессором Берджесом, роковую роль сыграло несколько факторов. Во-первых, температура воды была anomalно высокой, из-за чего акулы подошли к северной границе своего привычного ареала. Во-вторых, туристы и гиды против всех правил занимались прикармливанием рыб. В-третьих, с большого торгового судна, которое везло из Австралии огромное стадо овец для Курбан-байрама, сбрасывали в море павших животных. Возможно, баранина приучила акул к мясу теплокровных; во всяком случае, длиннокрылая акула явно рассматривала людей как подходящую пищу, что вовсе не характерно для местных лонгиманусов.

Короткоплавниковая мако также оказалась «героиней» серии нападений в Приморье в августе 2011 года; вторую хищницу определили как белую акулу. Здесь, очевидно, сыграл основную роль климатический фактор — необычайно теплая вода позволила акулам зайти так далеко на север. Панику подогрел и тот факт, что практически в то же время от зубов акул (неизвестного вида) погибло двое туристов на Сейшелах. Но



Леопардовая акула с прилипалой и золотистыми каранксами, Андаманское море



Фото: Б. Тарасов



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

ющаяся донными моллюсками акула-зебра, которая нередко позирует перед камерой рядом с ныряльщиками. Но, повинувшись запросам рынка, во многих местах земного шара, вернее, Мирового океана подводные гиды устраивают для аквалангистов-любителей аттракционы с прикормленными акулами. Нередко при этом забывают, что самые мирные акулы, впадая в пищевую лихорадку, могут быть опасны. Там, где живут самые страшные акулы, ныряльщики опускают в воду в прочных клетках. Такие погружения распространены у южной оконечности Африки, где обитают белые акулы. Любители острых ощущений могут там поплавать с большими белыми и без всякой защиты, на свой страх и риск, а сын Жака Ива Кусто Жан Мишель умудрился даже прокатиться на одной из них верхом. Впрочем, это экстремальные развлечения, а обычных людей больше волнует другой вопрос: как уберечься от нападения?

Прежде всего — не купаться и не заниматься водным спортом там, где это запрещено. В местах, где можно встретить акул, нельзя входить в воду поодиночке, с кровоточащими царапинами и в открытых купальниках, а также рано утром и в сумерках, когда большинство акул выходит на охоту. Практически все многочисленные средства защиты от акул оказались на поверку мифом. Современное устройство для защиты от акул «shark shield» отпугивает акул импульсами слабого тока. До сих пор ни один человек, использовавший его, не был атакован акулой, за одним исключением: в 2005 году у берегов Австралии в пасти белой акулы погиб морской биолог Джаррод Стебенс. Это устройство у него было, правда, неизвестно, успел ли он его включить. Реально действенное и простое средство для отпугивания акул было изобретено командой Кусто. Это противоакульи дубинки — обычные палки, которыми отпихивают или лупят излишне любопытных или агрессивных хищников. Обычно это действует: обиженная акула уходит, по крайней мере, на какое-то время. Сейчас функции дубинок выполняет фото- или видеокамера, которую держит в руках каждый уважающий себя дайвер; на худой конец сгодится лапа или даже кулак.

Главное — не терять присутствия духа. Однажды памятка ВВС США о защите от акул спасла жизнь сбитым летчикам. Оказавшись в море на плоту, они делали все, что там было написано, но акула подкрадывалась все ближе. Тогда пилот, разозлясь, порвал брошюрку и бросил обрывки в воду. Акула проглотила обрывки бумаги и ушла.

При встрече с акулой главное — не барахтаться и не паниковать. Акулы чем-то похожи на собак: они нападают на тех, кто их боится. Но если собаки только носом чувят «запах страха», то акулы не только великолепно воспринимают запахи, но реагируют, возможно, и на электрическую активность мозга. Так что сохранять спокойствие необходимо не только внешне, но и, самое важное, внутренне. Акула оценивает размер предполагаемой добычи, поэтому важно казаться в воде как можно больше, лучше принять вертикальное положение. И всегда надо помнить, что человек стоит на вершине пищевой цепи, и соответствовать этому высокому рангу, ни в коем случае не уподобляясь добыче.

Черноперея акула

действия приморских властей не выдерживают никакой критики. Они объявили награду за поимку людоедов, и началась бойня, в которой были убиты совершенно невинные рыбы, в первую очередь сельдевые акулы. В Охотское море выбросили столько мяса, что запах крови мог привлечь акул со всего Тихого океана! Удивительно, что жертв оказалось только двое. В отличие от египтян, наши власти не прислушались к ученым, которые рекомендовали закрыть дикие пляжи, установить патрулирование там, где купаться разрешено, и просто дождаться сентября и похолодания.

Стоит отметить, что все крупные акулы входят в Красную книгу и их убийство наносит непоправимый урон Мировому океану. Кстати, в Египте невинно пострадала только одна длиннокрылая акула: мако-людоед был пойман, а длиннокрылая преступница благополучно себе плавает, вместо нее погибла ее невинная соплеменница.

К счастью для акул, огромный интерес к ним проявляют дайверы. Например, раньше китовые акулы, эти безобидные гиганты, питающиеся планктоном, подвергались безжалостному истреблению. Но сейчас люди готовы ехать на край света, чтобы только взглянуть на них, а еще лучше — поплавать с этими огромными рыбами, самыми крупными в Мировом океане. Говорят, они достигают длины 18 метров, и один заслуживающий доверия профессиональный ныряльщик рассказывал мне, что встречал такую громадину, но я лично не видела этих симпатичных созданий длиннее восьми метров. Сейчас во многих местах нагула для китовых акул устроены заповедники, причем не только в «цивилизованных странах», таких, как Австралия. На Филиппинах до конца прошлого века на китовых акул охотились, но сейчас те же самые рыбаки, например на острове Лейте, рьяно их охраняют — живые, они приносят постоянный доход. А на острове Негрос этих гигантов подкармливают — сыпят креветки прямо в пасти на глазах у туристов.

В отличие от обычных людей, дайверы мечтают о встречах с акулами под водой, иногда при этом идя на ненужный риск. Впрочем, большинство акул безобидны, как, например, пита-



Электросила насекомых

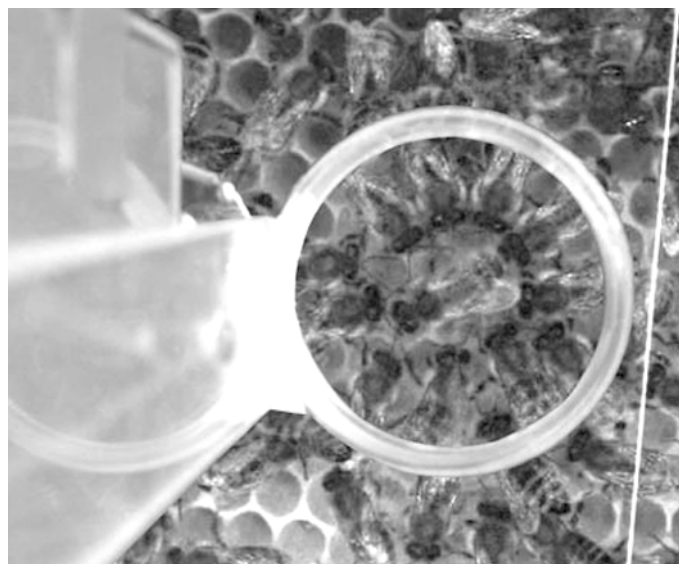
Для человека земной электромагнетизм кажется слабой силой, которая если и влияет на повседневную жизнь, то в глобальном масштабе — создавая защиту от солнечного ветра. Иное дело маленькая пчела. Для нее электрическое поле Земли со средней напряженностью 130 В/м и его изменения в пространстве-времени — повседневная реальность. Из-за трения о воздух и столкновения с содержащимися в нем ионами все выросты на теле пчелы — волоски, усики, крылья, лапки — заряжаются. Поскольку вершины деревьев заряжены отрицательно, над лесом господствует положительное электричество — таким же станет заряд пролежавшей там пчелы. При полете над тропинками и голой землей ее заряд станет отрицательным. Измерения показали, что в улье на пчеле оказывается от -1,8 до +2,9 пикокулонов электричества, танцующая пчела-разведчица имеет заряд около 40 пК, у рекордсменок же он достигает 800 пК, что соответствует потенциалу в 2,4 кВ.

Очевидно, что такой заряд неизбежно сказывается на полете. В зависимости от его знака пчела либо притягивается к вершинам деревьев (поэтому предпочитает летать не над ними, а сквозь заросли), либо над дорожками отталкивается от земли, приобретая дополнительную подъемную силу. Большое значение имеет заряд и во время опыления — отрицательно заряженная пыльца прочно пристает к телу положительно заряженной пчелы, и та благополучно доставляет богатый белками провиант в улей. А чтобы снять с себя пыльцу, смачивает ее нектаром и слюной (нейтрализуя тем самым заряд) и прочно прикрепляет в виде комочков к задним лапкам. Примерно такую картину нарисовал кандидат технических наук Ю.К. Барбарович в статье «Электрический мир пчелы» (см. «Химию и жизнь», 1994, № 7), которая тогда попала в рубрику «А почему бы и нет?».

За прошедшие двадцать лет многие специалисты усердно изучали электричество пчел, шмелей и мух и выяснили интереснейшие подробности. Улей сделан из сухого дерева или пластика — материалов диэлектрических, заряду из него деться практически некуда. Поэтому заряженная пчела, вернувшись домой, может только поделиться своим зарядом с сотами и с другими членами семьи, то есть несет в улей не только мед, но и электричество. При взаимодействии с водяным паром этот заряд постепенно стекает, но влажность в улье невелика, пчелы постоянно притаскивают новый заряд, и, по крайней мере, всю весну и лето в нем должно сохраняться некое динамическое равновесие.

Получается, что заряд на пчеле есть практически всегда, разве что за исключением периода зимовки. Неужели насекомые не научились использовать этот факт для общения? Опыты, поставленные в 2007 году, показали, что усики другого насекомого, дрозofilы могут чувствовать потенциал 4 В на расстоянии в полмиллиметра: под действием электростатических сил усики сдвигаются на микроны, а это немало с учетом размеров подопытного существа.

Пчела двигается, шевелит крыльями. В соответствии с принципами электродинамики, движущийся с ускорением электрический заряд порождает электромагнитное из-



С помощью прозрачного электрода можно наблюдать танец пчелы и фиксировать его электрические проявления («Proceedings of the Royal Society B», 20130528)

лучение, частота которого зависит от этого движения. При быстром взмахе крыльями получается один сигнал, при медленном — другой, а летящая заряженная пчела даст как единое целое третий сигнал. Эти-то сигналы, по мысли немецких исследователей во главе с Уве Греггерсом из Свободного Берлинского университета («Proceedings of the Royal Society B», 20130528, doi:10.1098/rspb.2013.0528), и могут быть основой электрического языка пчел.

Для проверки гипотезы они провели серию тонких экспериментов, научившись измерять электрические потенциалы и подлетающей к улью, и танцующей пчелы. (Напомним, что своим танцем пчела сообщает другим членам семьи важную информацию, например о том, где находятся богатые нектаром растения.) Для этого они создали, в частности, такое устройство. Из прозрачного диэлектрика — плексигласа — вырезали два диска диаметром в две пчелы, вставили в общую «оправу» и залили между ними раствор электролита, хлорида калия. Его соединили серебряной проволокой с усилителем переменного тока и далее с вольтметром. Такой прозрачный электрод помещали над танцующей пчелой в открытом улье, причем возникал конденсатор между ним и насекомым. Изменения его емкости в зависимости от движений пчелы и было искомым сигналом. А сквозь прозрачный электрод за танцем следила еще и высокоскоростная видеокамера.

В другом опыте изучали уже не сигнал, идущий от пчелы, а ее способность чувствовать электричество. Пчелу прилепляли воском к столу, подносили к ней пластиковый шарик с зарядом или без и с помощью лазерного доплеровского измерителя колебаний определяли величину смещения усиков, а заодно измеряли и активность связанных с усиками нейронов.

Как оказалось, пчелы в полете действительно могут накапливать немалый потенциал — до 450 В при подлете к улью. Правда, иногда заряда у пчелы не было вовсе, видимо, она совершила посадку незадолго до возвращения в улей и разрядилась. При посадке в улье сразу теряется не более 5% заряда.

Танцующая пчела, двигая крыльями, создает ощутимые потоки воздуха — этот факт энтомологам давно известен. Однако и электрический сигнал от них вполне различим: размах колебаний потенциала при биении крылышек составлял под 20 В, а частота превышала 70 Гц. И несомненно,

Растения в поле. Электрическом



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

окужающие пчелы прекрасно чувствуют эти колебания поля: смещение жгутика усиков, то есть основной его части, в ответ на электрический сигнал было в десять раз больше, чем на вызванные теми же взмахами крылышек движения воздуха. Более того, пчелы обучаются реагировать на разного рода электрические сигналы. В этом исследователи убедились, проводя опыты с заряженным шариком. Для обучения пчелам либо предъявляли заряженный шарик полистирола, либо воздействовали переменным полем с напряжением 160 В (как в среднем на теле пчелы) и частотой 60 Гц. А потом давали мед. Пчела быстро обучалась и через короткое время легко отличала заряженный шарик от незаряженного, а также переменное поле от постоянного. Значит, и в улье с помощью электрического сигнала она прекрасно может получить либо передать информацию на достаточно большое расстояние. При этом чувствует она электрическое поле именно за счет механического движения усиков под действием электростатических сил: если усики прочно закрепляли с помощью воска, даже обученная пчела уже не могла правильно распознавать сигнал. Впрочем, не исключено, что в получении электрического сигнала свою роль играют и многочисленные волоски на теле пчелы: обладая собственным зарядом, они, конечно, двигаются под действием переменного поля, и это движение передается на механорецепторы.

Электрические поля служат насекомым не только для общения друг с другом: с их помощью удается отличать цветы, на которых уже побывал кто-то из сородичей, от нетронутых. Исследователи из Бристольского университета во главе с Домиником Кларком выяснили это, поставив опыты со шмелями («Science», 2013, 340 (6128), 66—69). Как оказалось, 94% подопытных насекомых накапливают положительный заряд средней величиной в 32 пК, то есть как у пчел. Цветок же (в опытах использовали петунии) заряжен отрицательно. Когда шмель садится на него, заряд цветка резко изменяется: он становится положительным, а величина потенциала достигает 20 мВ. Это гораздо больше обычного размаха колебаний потенциала растения в 1,5 мВ. Такой избыточный заряд держался несколько минут, а затем релаксировал к исходному состоянию. Неизвестно, успевал ли за это время в нем накапливаться нектар, но опыты с искусственными цветками, обладающими тем или иным зарядом, показали, что шмели отлично обучаются собирать мед с тех, что обладают определенным зарядом. Видимо, и в природе электрический сигнал от растения облегчает жизнь сборщикам меда.

Теперь, когда важная роль переменных электрических полей в жизни насекомых становится все более очевидной, пора задуматься и о том, как это знание можно использовать пчеловодам, а также о том, как на жизни общественных насекомых сказываются антропогенные электромагнитные поля, которые все больше загрязняют окружающую среду.

А. Мотыляев

Доктор
технических наук
Н. Н. Красиков



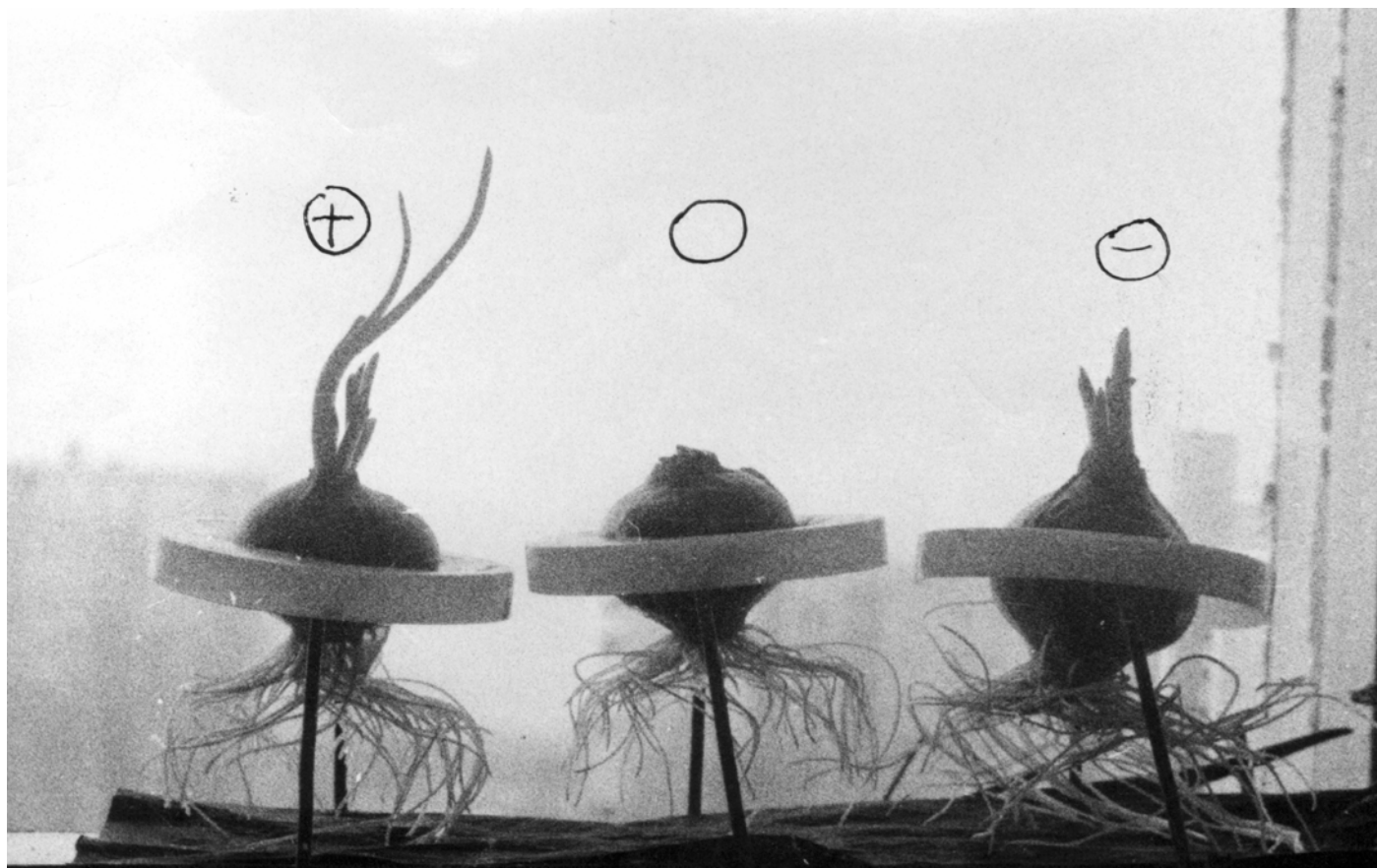
А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

Жизнь на Земле существует в различных переменных полях. Это поле силы тяжести (обеспечивающее рост растений вверх в силу отрицательного гравитропизма) — его изменения связаны прежде всего с движением Луны; это электрическое и магнитное поля Земли, меняющиеся с низкой частотой, и конечно же высокочастотное электромагнитное поле в виде волн света, без которых жизнь вообще невозможна. Его действие на живые существа изучено очень хорошо, чего нельзя сказать о первых трех: последствия их колебаний исследованы столь мало, что говорить о каких-то эффектах за пределами ошибки эксперимента трудно. Однако можно поставить опыты, которые покажут, что и постоянные, и меняющиеся с малой частотой поля влияют на жизнь растений.

Первенство здесь за электричеством, ведь электрические силы неизбежно действуют внутри самого растения. Прежде всего это поля, возникающие на мембране живой клетки и по разные стороны от нее. Имеющийся здесь потенциал называют «потенциалом покоя», хотя покоя в растущем организме не может быть по определению. Разность этих потенциалов зависит от непрерывно идущих в клетке и за ее пределами физико-химических процессов, а сами они связаны с образованием и разрушением специфических нанообъектов — кластеров из ионов, молекул воды и макромолекул. Они меняют электрические параметры клеточных мембран (удельное сопротивление, емкость) и могут вызывать микро- или нанотоки, циркулирующие в клетке. Увеличение разности потенциалов здесь ограничено возможностью пробоя мембраны.

Растение как единый организм также обладает специфическими электрическими свойствами. Это неудивительно, ведь его сок — электролит, насыщенный ионами. Их перемещения при различных физиологических процессах неизбежно должны порождать переменное электрическое поле. Результаты опытов по его изучению, поставленные на комнатном растении — герани *Pelargonium zonale*, были подробно описаны в журнале «Биофизика» (см. ссылку в конце статьи), а здесь мы даем их краткий пересказ.

В ствол герани на расстоянии 10 мм друг от друга были воткнуты электроды, с тем, чтобы изучать возникающую между ними разность потенциалов. Поначалу она резко возрастает, достигая значения +30 мВ за три минуты. Очевидно, это реакция растения на внедрение в него чужеродного металлического объекта. Затем разность



потенциалов падает до минимального значения -30 мВ, который достигается спустя 10 часов, — идет какой-то релаксационный процесс. Далее она снова медленно возрастает, уменьшаясь (по модулю) за 50 часов вдвое, и отчетливо стремится к нулю. Видимо, с этого момента электроды окончательно приживаются в растении и начинают давать информацию о его состоянии. Именно на этом этапе возникают колебания разности потенциалов с амплитудой в $1,5$ мВ и невысокой частотой — сначала $6,5$ кГц, а со временем она падает до 200 Гц. Мощность этого сигнала чрезвычайно мала и составляет менее 10^{-6} Вт. Схожие результаты с выходом на колебания разности потенциалов со звуковой частотой были получены и на других растениях, например столетнике или огурцах.

Разность потенциалов в растении зависит от многих факторов. Так, днем она бывает на 5 — 6% выше, чем ночью, повышение температуры на 5°C увеличивает ее на $1,5$ — 2% . В новолуние величина разности потенциалов меньше, чем в полнолуние, хотя такого рода данные требуют большего числа наблюдений. На молодом стебле, отрезанном от герани, разность потенциалов при втыкании электродов релаксирует быстрее, чем на целом растении, а переменная составляющая проявляет себя отчетливее.



Установка для активации воды электрическим полем выглядит просто

Активация воды разными способами неодинаково сказывается на росте лука: слева р-вода, справа п-вода, в центре — контроль

Распространяется изменение потенциала по растению очень быстро, в чем можно убедиться, поместив в растение несколько электродов на разной высоте. Так, величина положительного потенциала после полива герани под корень нарастает со скоростью порядка сантиметра в секунду. За счет диффузии ни ионы металлов, ни молекулы воды по растению не перемещаются с такой скоростью. Видимо, изменение электрических полей внутри растений с поступлением воды обеспечивают мельчайшие ионы — протоны.

Внешнее воздействие электрического поля на растение может быть природным — например, от атмосферного электричества. Оно может быть и искусственным, и не исключено, что такое воздействие окажется стимулирующим. Еще Майкл Фарадей продемонстрировал, что экранирование от электрических полей угнетает растение. С другой стороны, известно благотворное действие дождя, выпадающего во время грозы. Этот факт, упомянутый в книге «Электричество в жизни растений» А.М.Фадеева и В.Б.Шешнева (Москва: Наука, 1991), не имеет однозначного объяснения, однако возможность активации до-



Черенки жимолости под электродом, создающим разность потенциалов 70 кВ, чувствуют себя гораздо лучше, чем в контроле

ждевых капель мощным электрическим полем грозовой тучи исключать нельзя.

Внешними полями можно действовать как на сами растения, так и на питающую их среду. В первом случае есть два принципиально разных способа. Первый — присоединить к растению электроды и прикладывать к ним постоянную или переменную разность потенциалов. Это вызовет электрический ток; причем, меняя частоту его колебаний, а также форму электрических импульсов, можно попытаться управлять физиологическими процессами в растении. Ток должен быть небольшим, поэтому для проведения подобных опытов хватает обычной батарейки. Второй способ — разместить растение между двумя электродами без касания, один сверху, другой снизу. Тогда даже при большой разнице потенциалов тока не возникает, зато электролит в растении претерпевает объемную зарядовую поляризацию: электрически заряженные частицы перераспределяются по высоте в соответствии с напряженностью поля. Скорее всего, под действием внешнего поля происходит формирование и перераспределение ассоциатов ионов водорода и гидроксила с молекулами воды. Для таких опытов требуется высоковольтная аппаратура, обеспечивающая разность потенциалов в десятки киловольт, но мощность ее может быть невелика. Опыты показывают благотворное воздействие поля, если сверху расположен положительный электрод

— анод. Так, семена свеклы прорастают на 20% быстрее.

О практической важности этого способа активации растений свидетельствуют опыты по приживаемости черенков жимолости. Осенью 2012 года было посажено две партии по 50 штук. Из тех, что находились под действием разности потенциалов 70 кВ, весной 2013 года выжило 38 штук, а в контроле — только 24.

Воздействие электрического поля непосредственно на воду для проращивания семян также дает интересные результаты. Воду можно активировать, помещая сосуд между двумя электродами с разностью потенциалов 15 кВ и располагая положительный электрод сверху или снизу сосуда. Получается соответственно р- и п-вода, которые различаются биологической активностью. В опытах воду активировали пять минут, и ежедневно ее заменяли свежеприготовленной порцией. Результаты многократных опытов, поставленных на разных семенах, были сходными. Так, при замачивании гороха в р-воде длина ростков на третьи сутки составляла 6—7 мм. В то же время под действием п-воды проростки достигли 3—4 мм, а в контроле прорастание только начиналось, длина не превышала 1 мм. Тогда же в контроле семена начинали разлагаться, издавая неприятный запах. В р-воде разложение начиналось на седьмые сутки, а с п-водой — только на двенадцатые, что подтверждает ее угнетающее действие на развитие микробов. У лука п-вода сильно замедляет рост побегов. Напротив, р-вода оказывает сильное положительное действие и на корни, и на побеги. Вода,



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

обработанная магнитом, дает ту же длину листьев, что и в контроле, зато корни развиваются гораздо лучше, как в р-воде. На тринадцатые сутки вода мутнела и корни начинали загнивать во всех сосудах, кроме того, что содержал п-воду.

Интересно, что разновидности воды, обработанные полем с разным направлением вектора напряженности, по химическому составу ничем друг от друга не отличаются (чего не скажешь о так называемых живой и мертвой воде, обладающих разной кислотностью). Поэтому непросто объяснить, в чем причина такого заметного различия ее действия на растения. Сильное статическое электрическое поле, несомненно, вызывает объемную поляризацию воды, влияет на геометрию водородных связей и положение различных образований, возникающих вокруг ионов в растворе. Видимо, такие поляризационные структуры сохраняются достаточно долго для того, чтобы, будучи перелитыми в сосуд с подопытным растением, оказать воздействие на его физиологические процессы. Это интереснейшее явление, несомненно, требует более тщательных исследований.

Литература

- Н.Н.Красиков. Временные параметры распространения электрических потенциалов вдоль ствола растения. «Биофизика», 2012, 57 (3), 499—501.
Н.Н.Красиков, В.К.Коекин, И.В.Слюсарь. Биологическая активация воды, выполняемая бесконтактно электрическим полем. «Биофизика», 1994, 39 (5), 923—926.



Фото: Андрей Константинов



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Наедине с совой

Хорошо еще, мы успели позавтракать до того, как муж с телефонной трубкой в руке подошел к окну. Рассеянно посмотрел вниз, тут же свернул разговор и побежал надевать ботинки на босу ногу. Что там такое?! Ничего особенного не вижу, ну, деревья в сквере, воронья стая...

— Они какую-то дикую птицу клюют!

— Палку от швабры возьми!

Не успела донести чашки до кухни — звонок на мобильный:

— Лена, это совеноч!

Сосед с интересом наблюдал, как я выскакиваю из лифта — плащ поверх халата, в руках сумка и две пары старых кожаных перчаток. Андрей, разогнав ворон, положил палку на землю и пытается наладить контакт:

— Хорошая собака... сова. Не бойся, пожалуйста. Не улетай.

Профессиональный фотограф способен уболтать даже дикую птицу. Сова пушится и растопыривает крылья, шипит и щелкает клювом на протянутую руку, однако лететь не пытается. Или не может — одно крыло поднято как-то странно. Не совеноч, взрослая птица, в полном оперении. Ворон понять можно, они весной защищают гнезда. Но не отдавать же им сову. Она такая красивая, рыже-пестрая, а глаза желтые в черной «подводке», ярко выделяются на светлом лицевом диске. Вот угораздило птицу — московский микрорайон, во-

круг многоэтажные дома, в ста пятидесяти метрах проспект и станция метро...

Тут же сова и убедилась, каково доверять людям: я зашла сзади и накрыла ее сумкой. Выпускать ее здесь нельзя: вороны расселись вокруг на деревьях и громко планируют дальнейшие боевые действия. Да и с крылом непонятно что. Несем пленницу домой.

Андрей уводит собак на прогулку, объясняет по дороге, что сова не игрушка и что глаза и носы им еще в жизни пригодятся. Звоню знакомым любителям птиц — трубка в одной руке, сумка с совой в другой. Что-то она тихо лежит. Заглядываю в сумку — неподвижная, как чуелко, и глаза стеклянные... Ой! Нет, жива и к борьбе готова.

Мне советуют отвезти птицу в ветпункт Зоопарка. Дозволилась, там меня строго предупредили, что травмированных диких тварей в число экспонатов не принимают, но посмотреть крыло могут.

Ставлю сумку на кухонный стол — сова-то ведь замерла и не шевелится, у нее, наверное, шок. Отхожу на два шага, сняв с холодильника коробку. За спиной шорох... здрасьте, вылезла и вертит головой. Шагаю к ней — слетает на пол. Засела в углу между собачьих мисок, раздувается, шипит на меня, и щелкает, и всячески показывает, что это теперь ее место. Перчатки остались в коридоре, что нашлось на кухне, тем хищницу и накрыла: фартуком. Завернула в кулек и вывалила в коробку. Минут пять ушло на то, чтобы отцепить от фартука когти. Вроде кошачьих, но длиннее и впиаются намертво.

Тут и муж с собаками вернулся. Диалог фотографа и биолога:

— Давай я сделаю несколько кадров.

— Хорошо, сейчас верхний клапан отогнем...

— Нет, так не годится, давай совсем откроем.



— Вылетит.
 — Не вылетит, я быстро. Вон она, еле сидит, даже клювик открыла.
 — Ага, открыла, ждет, кого первого цапнуть... Ох, ну ладно.
 — Руку убери...
 — Вылетит!.. Ладно, только быстрее... А-а-а, говорила же! Руку я убрала недалеко и, когда сова волейбольным мячом выскочила из коробки, погасила ее ладонью прямо на взлете. А потом еще с минуту отцепляла от перчатки клюв и два комплекта когтей. Но фотограф успел!

Через некоторое время прилично одетые муж и жена спустились в метро, неся коробку, в которой мог бы быть, например, пасхальный кулич — а что он скребется и шипит, это вам кажется... Молодого человека из ветпункта мы встретили прямо у служебной проходной, и он сказал, что может забрать сову, если она нам не нужна. А мы, впечатленные зоопарковской строгостью, уже разместили сообщения о сове в соцсетях и получили в комментариях несколько интересных предложений. Но если за дело берется специалист, лучшего варианта нам не найти.

Вы знаете, что на территории Москвы наблюдали 226 видов птиц, причем более ста видов тут гнездятся? Это знают участники программы «Птицы Москвы и Подмосковья» (<http://www.birdsmoscow.net.ru>), которая с 1999 года действует в Зоологическом музее МГУ (<http://zmtmu.msu.ru>), — мы не раз писали о ней. Если вы интересуетесь птицами, пройдите по ссылкам и узнайте, как поделиться наблюдениями со специалистами и внести свой вклад в науку. Кстати, сейчас готовится к изданию Атлас птиц города Москвы — дело, как обычно, за спонсорами.
 Оказывается, мы встретили болотную сову *Asio flammeus*. За комментарием обратились к зав. сектором научно-общественных проектов Зоологического музея **О.В. Волцит**.

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Вышли на Зоологическую улицу, не веря своему счастью: мы уже начали думать, что проведем со свирепой птичкой все выходные. Даже привыкли к ней, что ли.

— Купи сову, продай сову... — сказал Андрей. А потом добавил: — Жалко, что я ее не снимал на улице. Так хорошо она сидела на газоне.

Е. Клещенко

Ольга Викторовна, болотная сова — редкая для Москвы птица? Откуда она могла прилететь?

С 1999 по 2013 год зарегистрировано всего 15 встреч болотной совы (не считая вашей) в разных районах города, из них пять произошли весной и девять осенью, то есть это были, скорее всего, пролетные особи. Была и одна встреча 21 июня 2003 года, формально это период гнездования.

Подходящих для гнездования болотной совы мест в Москве, видимо, нет. Но есть очень небольшая вероятность, что она могла бы гнездиться, например, на Тушинском аэрополе, где 19 сентября 2008 года видели сразу двух или трех сов, которые летали вместе, — теоретически это мог быть нераспавшийся выводок. В будущем атласе птиц Москвы мы оставили за болотной совой только статус мигранта. Хотя учитывать сов и находить их гнезда очень трудно, поэтому сведения о них у нас скудные и наверняка неполные.

Фантум 2013. Между землей и небом

Антология.
 Составитель:
 Глеб Гусаков



Земля и Небо, Человечество и Космос — вечные темы научной фантастики. А что между Землей и Небом? Неужели, как сказал поэт — только война? Или кое-что поинтереснее? Новый, отныне ежегодный, сборник «Фантум» представляет читателю широкий выбор тем. Биотехнологии, искусственный интеллект, загадочные инопланетяне, грозные инопланетяне, непостижимые и даже невообразимые инопланетяне... Какой станет система наказаний за преступления, и насколько изменится роль рядового сантехника. И даже музыка — в ней тоже, оказывается, заключена фантастика. Неизменно одно: авторы ставят перед персонажами непростой этический выбор.

А что же между Землей и Небом — решать тебе, читатель.

Космогон

Борис Георгиев



Это — рассказ о том, как все было в состоянии неизвестности, все холодное, все в молчании; все бездвижное, тихое; и пространство неба было пусто. Или так: когда вверху не названо небо, а суша внизу была безымянна, Апсу первородный, всесотворитель... Или даже так: около четырех с половиной миллиардов лет назад в газопылевом облаке рукава Ориона галактики Млечный путь случился гравитационный коллапс.

Но ведь все это — сказки! О том, как все было на самом деле, а главное, чем обернулось для человечества, читайте в новом романе Бориса Георгиева, написанном в лучших традициях научной фантастики.

Пансионат

Яна Дубинянская



Пансионат собрал под одной крышей очень разных людей. Каждый из них пережил свою личную катастрофу. Каждый точно знает, что прежнего мира больше не существует. Теперь их единственная общая реальность — ветшающее здание в осеннем парке на берегу моря, случайные соседи и неизвестность впереди.

Возможно, они все-таки спасут мир. А возможно, мир поглотит их. Интересно понаблюдать.

Подробности на сайте
<http://skomm.ru/>

Молекулы-симплексы



ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

Когда-то в журнале «Химия и жизнь» (1979, № 11) была опубликована заметка с интригующим названием «Молекулы-симплексы, или Загадка алкагеста». Симплекс — математический термин для обозначения фигуры, у которой расстояния между любыми парами вершин одинаковы. Отрезок прямой — 1-симплекс, правильный треугольник — 2-симплекс, тетраэдр — 3-симплекс и т. д. (таблица). Алкагест же — гипотетический алхимический растворитель, который способен растворять все; в заметке утверждалось, что это гипотетическое вещество могло существовать в пространстве более трех измерений и иметь структуру симплекса. Действительно, объект, способный перемещаться в более чем трехмерном пространстве вдоль «новых» измерений, способен в некоторых случаях покидать замкнутые в трехмерии поверхности. А именно — переместившись вдоль высшего измерения туда, где эта поверхность не замкнута, и при необходимости вернувшись в точку с теми же первыми тремя координатами. Вопрос о реализации такого эффекта сложен и в настоящее время не решен. Обратимся пока что к более изученному вопросу — к симплексам.

Для высших симплексов в многомерных пространствах математики вычислили все их параметры, например угол между направлениями из центра на вершины

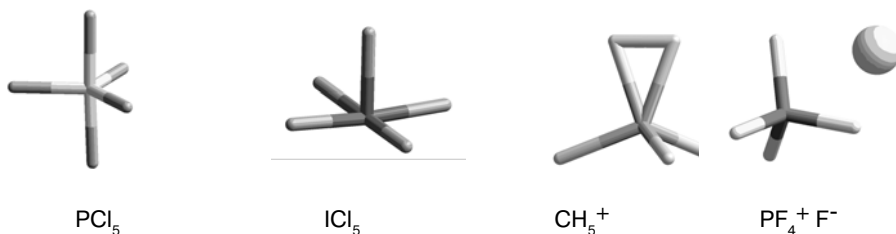
$$\theta = \arccos(-n^{-1}) = 90^\circ + \arcsin(n^{-1}).$$

Для $n = 3$ имеем знакомый всем со школьной скамьи тетраэдрический угол 109 градусов и 28 минут. В таблице показаны плоский угол между направлениями из центра симплекса к любой паре его вершин, $n+1$ — координационное число симплекса, n — размерность пространства, в котором он существует.

В упомянутой заметке была сделана попытка обобщить ряд известных молекул-симплексов — одномерный диоксид углерода, двумерный карбонат-ион, трехмерный метан, продлив этот ряд в пространство с четырьмя и более измерениями. Как видим, каждый симплекс имеет $n+1$ вершину в зависимости от мерности пространства, в котором он существует.

Но как быть с пентахлоридом фосфора PCl_5 или, скажем, с недавно выделенными солями с катионом метония CH_5^+ , они ведь тоже подходят под формулу AB_5 ? Отвечаем: сходство только в брутто-формуле. В трехмерном пространстве не существует молекул или ионов, которые имели бы пять равноценных пар атомов. У реальных соединений с брутто-формулой AB_5 (рисунок) пары атомов В всегда неравноценны. Например, PCl_5 имеет строение тригональной бипирамиды, то

атом иода, а хлор занимает остальные пять вершин. Катион метония — это, по сути, комплекс $[CH_3^+ H_2]$, состоящий из пирамидального карбокатиона CH_3^+ (три равноценных атома водорода) и молекулы H_2 , расположенной параллельно основанию пирамиды (то есть два других, тоже равноценных, атома водорода). Гипотетическая соль с тетраэдрическим катионом тетрафторфосфония PF_4^+ и фторид-анионом F^- завершает ряд соединений с брутто-формулой AB_5 . Все эти случаи показаны на рисунке. Пентафториды висмута BiF_5 , ванадия VF_5 (в твердом состоянии), ниобия NbF_5 и тантала TaF_5 представляют собой ди-, три-, тетрамеры и полимеры. Как видим, природа находит всевозможные решения для структуры молекул типа AB_5 , но ни в одном случае молекулы-симплексы не образуются. Это еще раз подтверждает, что наш мир трехмерен!



Модели некоторых химических соединений с брутто-формулой AB_5

есть содержит три равноценных атома хлора в вершинах треугольника и два других, отличных от них, на его оси выше и ниже его плоскости. Аналогично построены многие другие молекулы типа AB_5 , такие, как PF_5 , ClF_5 , IF_5 , AsF_5 , $SbCl_5$, газообразный VF_5 . Молекула ICl_5 выглядит иначе: она имеет вид квадратной пирамиды наподобие пирамиды Хеопса, в центре основания которой лежит

Поэтому к гипотезам о большем количестве измерений химии пока относятся скептически.

Что же касается научно-фантастического алкагеста (алкахеста), который способен растворить любое вещество, то заметим, что «доказательство» невозможности существования универсального растворителя, предложенное в конце XVII века немецким алхимиком Иоганном Кункелем: «Если алкагест растворяет все тела, то он растворит и сосуд, в котором содержится; если он растворяет кремь, то он обратит в жидкость и стеклянную реторту...» — неверно. Эксперимент можно поставить в невесомости, а можно подвесить алкагест в неоднородном магнитном поле, воспользовавшись его магнитными свойствами (впрочем, на сегодня недостаточно изученными).

М.Ю.Корнилов

n	Угол	Симплекс	Границы симплекса	Примеры веществ-симплексов
1	180	линия	2 вершины	диоксид углерода $O=C=O$
2	120	треугольник	3 линии	карбонат-ион CO_3^{2-}
3	109,5	тетраэдр	4 треугольника	метан
4	104,5	пентагон	5 тетраэдров	тиотималин Айзека Азимова
5	101,5	гексагон	6 пентагонов	?
6	99,6	гептагон	7 гексагонов	?



КНИГИ

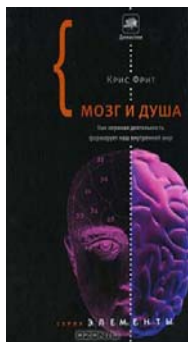
В.Р.Дольник
Непослушное дитя биосферы
МЦНМО, 2012



Почему многие наши страсти странны для окружающих и необъяснимы для нас самих? Почему несколько лет детства значат для нас не меньше, чем вся остальная жизнь? Почему подростки любят собираться в стойкие шумные компании и становятся порой неуправляемыми? Почему любовь ослепляет? Какая форма брачных отношений «естественна» для человека? Откуда берутся агрессивность, страх, соподчинение? Какова естественная природа власти? На все эти вопросы можно найти ответы в доисторическом прошлом человека, в его биологическом начале.

К.Фрит

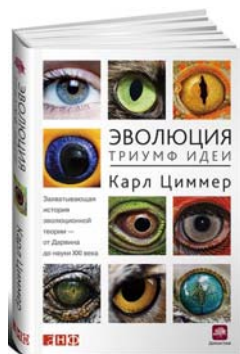
Мозг и душа. Как нервная деятельность формирует наш внутренний мир
Астрель, 2013



Британский нейрофизиолог Крис Фрит известен способностью просто рассказывать о сложных проблемах психологии — таких как психическая деятельность, социальное поведение, аутизм и шизофрения. Именно в психологии, в том, как мы воспринимаем окружающий мир, действуем, совершаем выбор, помним и чувствуем, сегодня происходит научная революция, связанная с внедрением методов нейровизуализации. В своей книге Крис Фрит доступно и занимательно рассказывает обо всем этом.

К.Циммер

Эволюция. Триумф идеи
Альпина нон-фикшн, 2013



Известный научный журналист со свойственными ему основательностью, доходчивостью и неизменным юмором дает полный обзор теории эволюции Чарльза Дарвина в свете сегодняшних представлений. Что стояло за идеями великого человека, мучительно прокладывавшего путь новых знаний в консервативном обществе? Почему по сей день не прекращаются споры о происхождении жизни и человека на Земле? Как биологи-эволюционисты выдвигают и проверяют свои гипотезы и почему категорически не могут согласиться с доводами креационистов? В поисках ответа на эти вопросы читатель делает множество поразительных открытий о жизни животных, птиц и насекомых, заставляющих задуматься о людских нравах и этике, о месте и предназначении человека во Вселенной.

А.Марков

Рождение сложности.
Эволюционная биология сегодня.
Неожиданные открытия
и новые вопросы
Астрель, 2012



Как зародилась и по каким законам развивалась жизнь на нашей планете? Что привело к формированию многоклеточных организмов? Как возникают и чем обусловлены мутации, приводящие к изменениям форм жизни? Социологические исследования показывают, что в поисках ответов на эти важнейшие вопросы люди сегодня все реже обращаются к данной науке, довольствуясь поверхностными и зачастую неверными объяснениями, которые предлагают телевидение и желтая пресса. Книга доктора биологических наук, известного палеонтолога и популяризатора науки Александра Маркова — попытка преодолеть барьер взаимного непонимания между серьезными исследователями и широким читателем. «Рождение сложности» — это одновременно рассказ о том, что происходит сегодня на переднем крае биологической науки и серьезная попытка обобщить и систематизировать знания, накопленные человечеством в этой области

У.Спенсер

Генетическая одиссея человека
Альпина нон-фикшн,
2013



Уэллс Спенсер — популяционный генетик и антрополог, исследователь-партнер Национального географического общества США и профессор Корнельского университета, а также руководитель проекта «Генография» (The Genographic Project). С 2001 года выступает в качестве независимого ученого, писателя и кинорежиссера. Его фильмы показывали на телеканалах PBS, Discovery и National Geographic. Эта книга — об эволюции человеческого развития. Книга основана на исследованиях ДНК, которые доказывают удивительный факт: это не просто молекула, несущая в себе генетическую информацию, это зашифрованный исторический документ! Его расшифровка и экскурсу в прошлое человечества и посвящена книга.

**Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,
тел. (495) 789-35-91
Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru**

Ревень

Что за растение ревень? Ревень огородный, он же волнистый, *Rheum undulatum*, принадлежит к семейству гречишных. Это многолетнее травянистое растение с могучими корнями, толстым корневищем и огромными листьями, которые сидят на мясистых черешках, достигающих в длину 70 см. Ради этих черешков ревень и выращивают. Когда-то деликатесом считали бутоны ревеня, но сейчас огородники срезают цветonoсные побеги, тоже, кстати, не маленькие, чтобы лучше росли листья.

Родина ревеня волнистого — горы Восточной Сибири и Северной Монголии. Начиная с XVII века российские путешественники стали привозить его семена в Европу и поначалу выращивали как декоративное растение. Сейчас его разводят почти во всех странах Европы и Северной Америки. В России ревень пока не так популярен.

Ревень — ранний овощ, хотя в США он официально считается фруктом. Урожай собирают два-три раза за сезон, с мая по июль. Черешки ценятся молодые; когда они состарятся, то становятся невкусными и вредными для здоровья. Чтобы ревень обладал мягким вкусом, растение регулярно поливают, окучивают и ставят сверху бочку без дна. Затененное растение тянется к свету, и черешки получаются нежными.

В XIX столетии ревенем заинтересовались селекционеры. Они обращали внимание на раннеспелость, урожайность и вкусовые качества. В Англии и США есть сорта, у которых черешки весят килограмма по два.

Существует несколько десятков видов ревеня, все они скрещиваются друг с другом, поэтому определить видовую принадлежность растения довольно сложно. Некоторые ревеня введены в культуру как огородные растения, есть также декоративные и лекарственные виды. Настойки и порошки из листьев и корней растения использовали в народной медицине еще пять тысяч лет назад. Особую известность получил ревень лекарственный (*Rheum officinale*), растущий в Восточном Тибете. Его везли в Европу из Китая по Шелковому пути и через Босфор, поэтому называли турецким ревенем. Позднее ревень стали поставлять через Россию, и он получил название «русский».

Чем полезен ревень? Ревень ценен как весенний источник витаминов: каротина (провитамина А) и аскорбиновой кислоты, благодаря высокому содержанию которой овощ использовали в качестве противочумного средства. Присутствуют в нем и танины, придающие ревеню терпкий привкус. Кроме того, в нем много солей калия, кальция, фосфора и магния, до 2,5% сахаров и около 3,5% органических кислот (яблочной, лимонной, щавелевой, фумаровой, янтарной и некоторых других).

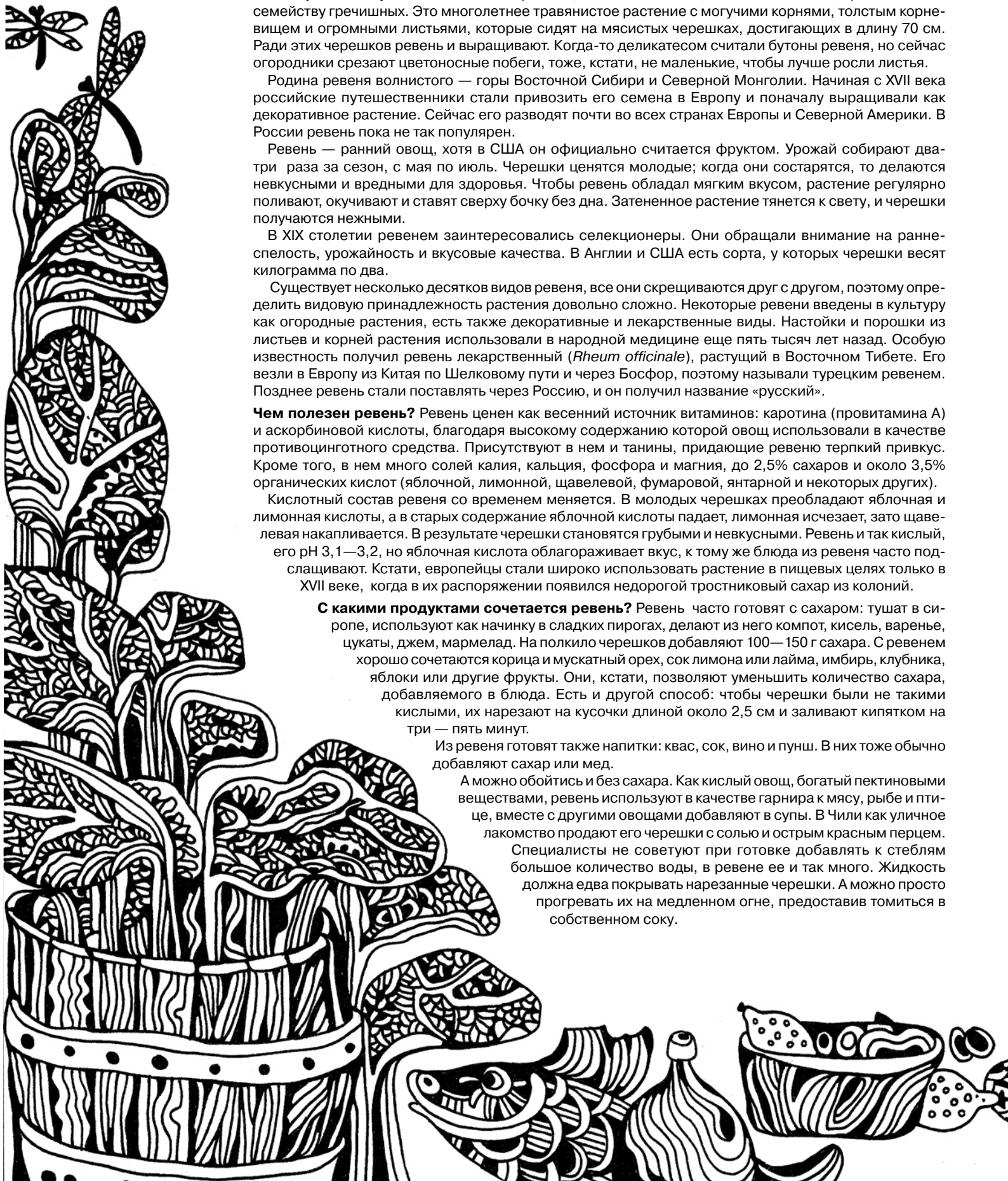
Кислотный состав ревеня со временем меняется. В молодых черешках преобладают яблочная и лимонная кислоты, а в старых содержание яблочной кислоты падает, лимонная исчезает, зато щавелевая накапливается. В результате черешки становятся грубыми и невкусными. Ревень и так кислый, его pH 3,1—3,2, но яблочная кислота облагораживает вкус, к тому же блюда из ревеня часто подслащивают. Кстати, европейцы стали широко использовать растение в пищевых целях только в XVII веке, когда в их распоряжении появился недорогой тростниковый сахар из колоний.

С какими продуктами сочетается ревень? Ревень часто готовят с сахаром: тушат в супе, используют как начинку в сладких пирогах, делают из него компот, кисель, варенье, цукаты, джем, мармелад. На полкило черешков добавляют 100—150 г сахара. С ревенем хорошо сочетаются корица и мускатный орех, сок лимона или лайма, имбирь, клубника, яблоки или другие фрукты. Они, кстати, позволяют уменьшить количество сахара, добавляемого в блюда. Есть и другой способ: чтобы черешки были не такими кислыми, их нарезают на кусочки длиной около 2,5 см и заливают кипятком на три — пять минут.

Из ревеня готовят также напитки: квас, сок, вино и пушш. В них тоже обычно добавляют сахар или мед.

А можно обойтись и без сахара. Как кислый овощ, богатый пектиновыми веществами, ревень используют в качестве гарнира к мясу, рыбе и птице, вместе с другими овощами добавляют в супы. В Чили как уличное лакомство продают его черешки с солью и острым красным перцем.

Специалисты не советуют при готовке добавлять к стеблям большое количество воды, в ревене ее и так много. Жидкость должна едва покрывать нарезанные черешки. А можно просто прогревать их на медленном огне, предоставив томиться в собственном соку.



Как выбирать ревеня? Для еды годятся только молодые черешки. Они должны быть свежими и хрустящими, без пятен и повреждений. Чем тоньше и розовее черешок, тем он моложе и тем меньше в нем щавелевой кислоты.

Ревень лучше есть свежим, перед готовкой черешки, если они не прямо с грядки, ставят для взбивания на час в холодную воду. Их можно хранить две—четыре недели при 0°C в запечатанных полиэтиленовых пакетах, предварительно оборвав листья и обрезав концы. Кожицу снимают перед готовкой. Черешки также замораживают, высушивают или консервируют в сиропе.

Что делать со старыми стеблями? Старые черешки в пищу не годятся. Но их жесткость и высокое, до 1%, содержание щавелевой кислоты подсказывают другое применение. Специалисты советуют очищать ими закопченные кастрюли и сковородки. Щавелевая кислота — хороший пятновыводитель.

О медицинских свойствах ревеня. Все части растения содержат дубильные вещества и антрагликозиды. Антрагликозиды усиливают перистальтику толстого кишечника и удерживают воду, поэтому действуют как слабительное через 6—10 часов после приема. Дубильные вещества оказывают противовоспалительное действие на слизистую оболочку кишечника и снижают секреторную функцию желудочно-кишечного тракта. Это вяжущее средство. Конечный эффект зависит от дозы: в больших дозах ревеня слабит, в малых крепит. Можно пить сок ревеня или просто жевать черешки. Но в медицине обычно используют листья и особенно корни растения, в которых концентрация лекарственных веществ выше. Корни сушат, размалывают и продают в виде порошка или таблеток. В этом случае слабительная доза составляет 0,5—2 г. Малые дозы (0,05—0,2 г) порошка повышают аппетит и регулируют деятельность желудка. Танины и гликозид хризаробин из корня ревеня тангутского (*R. palmatum* var. *tanguticum*) используют для лечения некоторых кожных заболеваний. Есть сообщения об антидиабетическом действии настоев ревеня, проверенном пока на крысах.

Опасности. Ревень — замечательное растение, вкусное и полезное, однако у него довольно много противопоказаний и побочных эффектов.

Его корни содержат 5—10% дубильных веществ, что близко к опасному порогу. Растения, содержащие более 10% танинов, могут вызвать расстройство желудка, испортить почки и печень.

Вторая опасность — листья. Щавелевой кислоты в них в несколько раз больше, чем в черешках, а щавелевая кислота, соединившись в крови с кальцием, образует оксалаты — основу почечных камней. Кальций и кальциевые соли щавелевой кислоты в достаточном количестве присутствуют и в листьях.

Чистая щавелевая кислота — яд. Отравившийся человек испытывает слабость, жжение во рту и в горле, боль в животе, тошноту, рвоту и расстройство кишечника. В тяжелых случаях щавелевая кислота вызывает сердечно-сосудистую недостаточность, судороги и кому. По данным некоторых исследователей, средняя летальная доза составляет для крыс 375 мг/кг веса тела, другие источники называют более высокую дозу — 600 мг/кг. Если учесть, что листья содержат в среднем 0,5% щавелевой кислоты, человеку, чтобы отравиться насмерть, надо сжевать около 5 кг кислющей зелени. Нет у него оснований так себя мучить, и тем не менее зарубежные знатоки ревеня советуют при первой же возможности отрывать листовую пластинку от черешка, а главное — приучить детей не жевать листья.

Препараты из ревеня можно принимать только после консультации с врачом. Они противопоказаны при беременности, заболеваниях почек и предрасположенности к почечнокаменной болезни, холецистите и кровотечении в желудочно-кишечном тракте. Да и черешками объедаться не стоит, особенно если вспомнить, что их готовят с большим количеством сахара.

Интересно, что такие же ограничения налагают на потребление щавеля. Он тоже принадлежит к семейству гречишных и близкий родственник ревеня, обладает сходными лечебными свойствами, только сахаров в нем практически нет и щавелевой кислоты побольше. Хорошо иногда поесть зеленых щей, но это не блюдо каждого дня.

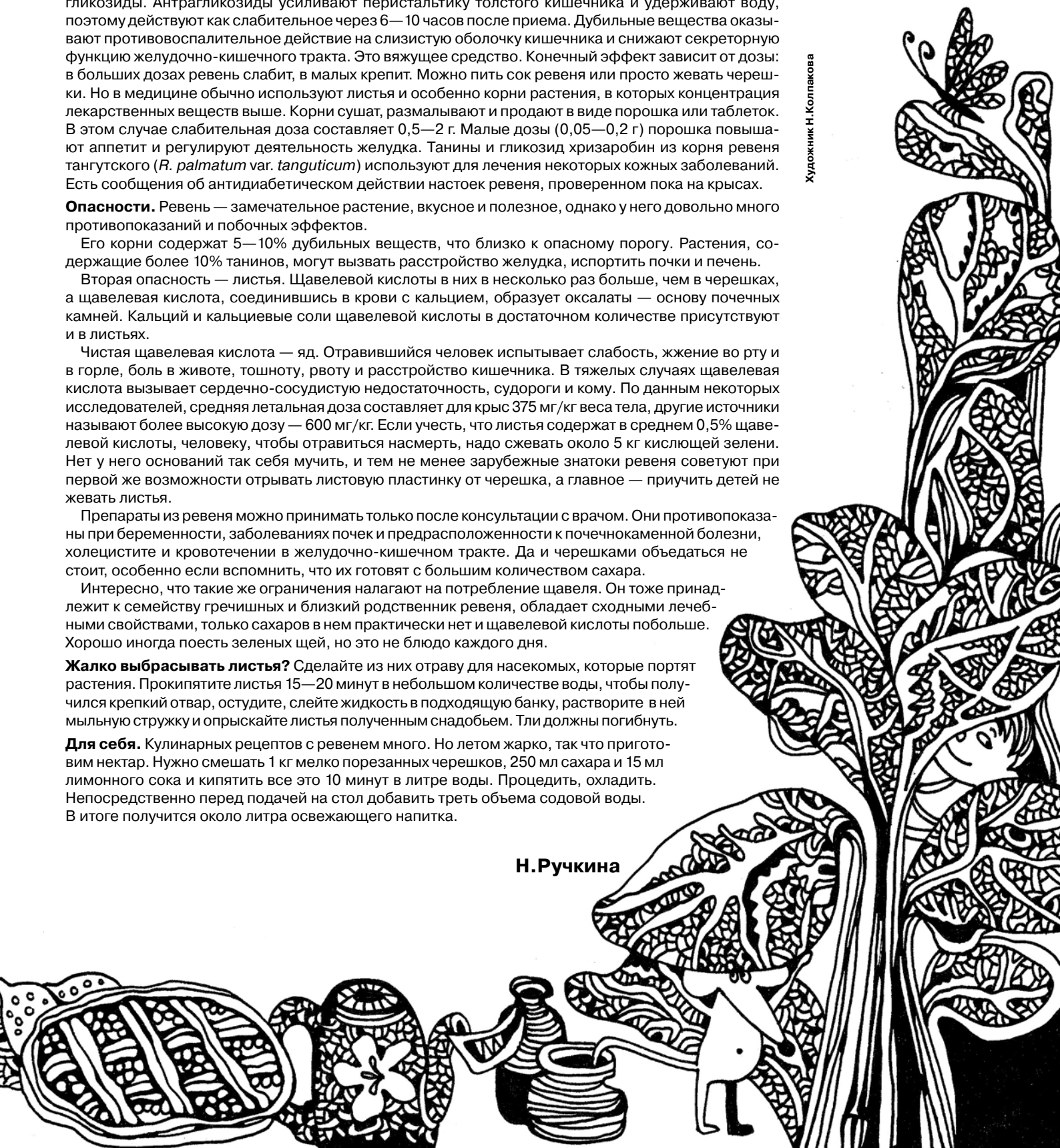
Жалко выбрасывать листья? Сделайте из них отраву для насекомых, которые портят растения. Прокипятите листья 15—20 минут в небольшом количестве воды, чтобы получился крепкий отвар, остудите, слейте жидкость в подходящую банку, растворите в ней мыльную стружку и опрыскайте листья полученным снадобьем. Тли должны погибнуть.

Для себя. Кулинарных рецептов с ревенем много. Но летом жарко, так что приготовим нектар. Нужно смешать 1 кг мелко порезанных черешков, 250 мл сахара и 15 мл лимонного сока и кипятить все это 10 минут в литре воды. Процедить, охладить. Непосредственно перед подачей на стол добавить треть объема содовой воды. В итоге получится около литра освежающего напитка.



ЧТО МЫ ЕДИМ

Художник Н. Колпакова



Н. Ручкина



Милые и простые

Денис Тихий



ФАНТАСТИКА

Сквош пригладил волосы и прыгнул с трека вездехода:

— Идет!

— Ни черта не вижу, — ответил Джек, водя биноклем по оранжевым зарослям.

— Ты мухи в стакане не увидишь, — ответил Сквош, вынимая из багажника картонную коробку.

Абориген подошел к вездеходу один. Ростом не выше пятилетнего ребенка. Кожа густо оранжевая, маслянистая, вся в шрамах и складках, словно сшитая из лоскутков. Геологи называли аборигенов «фрэглами». Огромные карие глаза, лягушачий рот, а вместо ушей — устьяца с подрагивающими мембранами.

Абориген провел трехпалой ладошкой по лицу и тихо квакнул. Сквош мазнул себя по лбу и щелкнул тумблером толмача.

— Приветствую тебя, брат, — сказал он.

Висящий на шее прибор выдал длинную чавкающую фразу.

— И тебе приветствую, — перевел толмач бормотание фрэгла. — Интересует здоровье тебя.

— Спасибо, здоров.

— Принесен ли ты товар — ценности — запас?

— Да. Смотри.

Сквош откинул клапаны коробки, абориген присел на корточки, заглянул.

— Не разберу — это тот же самый? — спросил Джек из кабины.

— Да кто же их...

Фрэгл бросил руку в коробку (так ловят дети мальков в ручье), добыл шарик розового стекла.

— Это дорогая вещь, — пояснил Сквош.

Джек фыркнул.

Абориген подумал, глянул сквозь шарик на Сквоша и восхищенно заквакал. Потом с шипением надорвал кожаную складку на груди, положил в нее шарик, пригладил лохмотья рукой и поднялся.

— Окончание, хватит.

— Десять, — сказал Сквош.

Абориген возмущенно клекотнул.

— Десять!

— Шесть, — перевел толмач.

— Брось жадничать! — сказал Сквош.

— Неправильно — много — мало!

— Девять давай!

— Непереводаемо.

— Восемь!

— Непереводаемо.

— Двенадцать! — крикнул Джек из кабины.

Абориген задумался, махнул рукой, проворно вынул из складки лохматый клубочек и перебрал Сквошу.

— Двенадцать.

Тут же повернулся к вездеходу спиной и канул в зарослях.

Сквош плюнул в лужу.

— Никогда их не пойму. Восемь ему много, а двенадцать — хорошо.

— Мне Клюкала говорил, надо цену кратную шести называть.

— Вранье, — буркнул Сквош, влезая в вездеход.

Он уселся в кресло и разодрал клубок. В пушистом мху лежала дюжина красных окатышей.

— Закрой дверь. Смердит, как в покойницкой. Поехали отсюда.

— Нормально наварили, а?

— Еще погранцам отстегнем.

— Ну уж...

— Вообще — нормально. Хватает.

Джек сбросил со лба на нос темные очки и повернул ключ.

— Зачем им вся эта дребедень? А, Сквош? — Он пнул ногой картонный ящик.

— Почему я знаю. А вот зачем нам паучий жемчуг — рассказать?

— Сами с усами, — ответил Джек, и вездеход тронулся с места.

Мохоед посидел немного в кустах у озера. Он прильнул грудью к берегу и провел ладонью над самой водой. К растопыренным пальцам скользнула водомерка, принялась быстро-быстро крутить пузырьки из слюны и клеить Мохоеду на ладонь. Пузырьки лежали идеальным кругом. Было их двадцать. Совсем дурное предсказание, решил Мохоед. Он прижал руку к подмышке, где в кожной складке лежал тотем его дерева — фиолетовая раковина свистушки. Постоял немного, прислушиваясь к неспешному зову тотема, и вошел в лес.

«Глупцы тропу не меняют», — говорил Увалень. Охотник он был самый лучший. Крыша его дома всегда покрыта свежими жаберными пластинами. Он девять раз кряду входил в дом Ткущей Свет. У него двенадцать самок, и все лоснятся от жира. Вот и нынешним Испытанием руководит Увалень.

Давеча было так. Старый, глава Деревни, стукнул ногой в дерево Мохоеда и сказал:

— Мохоед, выходи.

Мохоед выбрался из дупла. Старый сидел на пенке, самка чесала ему спину.

— Что принесешь ты сегодня к общему столу? Хлебные грибы?

— Нет, Старый.

— А, наверное, сочную желтую рыбу?

— И не рыбу. Я принесу...

— Погоди-погоди, сам угадаю! Сладкие клубни? Крылья дикой жабы?

— Я набрал съедобного мха.

— Мох! Опять мох. Его никто не ест.

— Я ем.

Старый взмахом руки прогнал самку, встал с пенки и покачал головой:

— Деревня ропщет. Мы даром тебя кормим.

— Но я же носил грибы!

— А где они сейчас? Может быть, не сезон?

— Сезон. Ты же знаешь, Старый, на холме поселилась Ткущая Свет. Не родятся там грибы.

— Знаю. Мырло сказал, что ты добыл паучий жемчуг.

— Добыл.

— Ступай к Двухголосым. Поменяй его на тотем гнезда Ткущей Свет. Вернись обратно...

— Ты предлагаешь мне пройти Испытание?

— Предлагаю? Нет, я тебе повелеваю.

Испытание заключалось в том, чтобы принести тотем гнезда в дом Ткущей Свет. Лучшие охотники Деревни старались отловить Испытуемого, а тотем отобрать. Мохоед держался от охотников подальше — больно страшные. Но раз Старый велит...

После вечерней трапезы Мохоед стал в каменный круг посреди Деревни и вызвался принять Испытание. Старый благословил Увальню принять испытание у Мохоеда. Ближе к ночи Увальня постучал в дерево Мохоеда ногой и сказал:

— Может, без мук?

— Как это?

— Поменяешься с Двухголосыми и бегом ко мне.

— Да почто?

— Отдашь мне, чего выменял. Я тебя даже бить не стану. Зачем тебе муки?

— Нет уж, — свернувшись на подстилке и дрожа всем телом, ответил Мохоед. — Я донесу тотем, и Ткущая Свет уйдет с моего холма.

— Если она тебя послушает, Старый уйдет на Изнанку, а ты займешь его место.

— Пусть так.

— Ничего у тебя не выйдет. Его место займу я.

— Ступай, брат-рыбод.

И Увальня ушел в дом. А его самки сидели у стены и всю ночь пели песню. Пели они душевно, Мохоед чуть не заплакал. Потом соскочил со стены древесной ваты и заткнул ею уши, чтобы не мешали спать. Утром Мохоед выбрался из дерева. Около тропы его ждали Старик и Увальня со своими охотниками.

— Ты взял оружие, Мохоед? — спросил Старик.

— У меня нет оружия.

— Что же ты взял?

Мохоед раскрыл ладони. На них лежала камышовая дудочка. Увальня расхохотался и, вскинув свой костяной тесак, протянул его над головой жутким длинным движением.

— С этим ты хочешь пройти Испытание?

— Да.

Он отвлекся от воспоминаний. Наверняка Увальня оставил на обратной дороге самого слабого охотника, хоть любой в Деревне и так сильнее Мохоеда. Он раздвинул ветки папоротника и глянул вниз на берег. По песку вилась цепочка его следов — никто за ним на этот берег не переходил. Тихо. Оранжевые листья топорчатся под легким ветерком, показывая алую изнанку. Изредка схлопнется хищная пасть цветка, поймав неосторожную мошку. Насекомые вьются над кустами, разрываясь между сладким запахом листы и смертельной опасностью цветов. Справа от тропинки вьются, а слева — нет. «Так и есть, — хихикнул Мохоед. — Увальня поставил на обратной дороге самого глупого. Наверное, Злобня — вечно забывает намазаться пастой, чтобы насекомые его не боялись».

В глубокой прозрачной воде тут и там плавали огромные кувшинки, их поверхность покрыта жгучей, липкой слизью, способной в минуту разесть кожу. Мохоед спустился к берегу и ступил на первый валун. Злобень не станет убивать его на реке. Им ведь надо забрать то, что он выменял у Двухголосых, а если труп свалится в воду — как его вылавливать? Он дошел до середины реки, вдруг взмахнул руками и свалился в теплую воду. Там он кувыркнулся с испугу, взвихрил серебряные, мельтешащие пузырьки и резко, неумело — в его племени вообще никто плавать не умел — поплыл под водой к огромной разлохмаченной кувшинке. Он осторожно

поднырнул под жгучие кувшинки фибры, прижался животом к холодной губчатой изнанке, вложил в губы камышовую дудочку и аккуратно вставил ее в мясистый желтый бутон. Кувшинка содрогнулась, попыталась дудочку вырвать, но скоро смирилась. Уже почти потеряв сознание, Мохоед вдохнул через дудочку пахучий речной воздух.

Злобень вышел из кустов, потрясая копьём. Он долго всматривался в реку, надеясь разглядеть мерзкого Мохоеда. Сунулся было в воду, но поскользнулся на шляпках донных грибов и вылез, покуда не съели. Хорошенько очистив ноги от песка, Злобень побежал в лес. Увальня был недалеко — прятался в кроне дерева у лианного мостика. Неудачливый охотник сначала бежал молча, потом стал выкрикивать на ходу сочиненную песню: «*Вот глупый Мохоед прыгал с валуна на валун. И не знал, что в кустах поджидает его хитрый Злобень. Сильный, как камень, и мудрый, как дерево. Нога Мохоеда сорвалась с валуна. Он, неуклюжий, свалился в реку. И пошел на дно, будто дырявая лодка. А над ним...*» Но дальше Злобень не допел, потому что добежал до засадки Увальня.

— Увальня! Эй! Это я — Злобень!

Из оранжевых зарослей вылетела надкушенная плюква и стукнула Злобню в лоб, забрызгав все лицо клейким соком. В кустах кто-то хрюкнул.

— Я не виноват!

Вторая плюква пролетела мимо головы.

— Он утонул! Я тут при чем?

Третий плод, брошенный ловкой рукой, попал Злобню в Стебель Жизни, да так, что охотник сложился пополам.

— Кто утонул? — зашипел Увальня, дергая Злобню за плечо. — Да уйди с открытого места, не видишь — древесный краб забавляется!

Они забрались в кусты, Злобень отдышался.

— Я думал, это ты в меня кидаешься, решил — виноват я.

— Если ты виноват, Злобень, я тебя брошу в болото Мырсе.

— Не надо к Мырсе!

— Кто утонул?

— Да этот Мохоед. Корячился через валуны, да и бульк в реку! Теперь его сожрали уж.

Увальня посмотрел Злобню в глаза:

— Ты не надуть ли меня решил, а? Может, ты его убил, что надо забрал, а его и в реку скинул?

— Что ты, Увальня! Я же не такой умный, как ты! Я и не додумаясь до эдакого!

— И то верно.

Увальня повернулся в заросли и закричал голодной жабой. Листья раздвинулась, из нее вышли братья Пырло и Мырло.

— Я пойду валуны проверю. Вы тут сидите. Глаз от мостика не отводить. Порву.

— Не отведем.

Править кувшинкой несложно. Щекочешь ее справа — плывет вправо, слева щекочешь — влево плывет, стукнешь в бутон кулаком — замирает. Главная беда — непонятно куда плыть. Не выглянешь ведь. Но Мохоед придумал: надо доплыть до мелководья, где греют на солнце шляпки самые старые донные грибы. Там его Увальня ждать не будет — тропинка проходит совсем недалеко от Болота Мырсы. Ни один охотник к этому месту не сунется. Некоторое время за кувшинкой плыл любопытный ногохват. Попытался сунуть морду к Мохоеду, но обжегся о бахрому жгучих фибр, махнул уродливым хвостом и ушел в глубину.

Мелькнула тень, что-то ударило в кувшинку снизу. Ногохват! Вырвал кусок кувшинкиной плоти и опять ушел ко дну. Догадался, значит, как фибры обойти. Мохоед скосил

глаза: ногохват заглотнул кусок кувшинки, кувыркнулся и атаковал вновь. В этот раз его зубы клацнули у самой шеи Мохоеда. Ногохват — тварь подслеповатая, целится на запах. Вжавшись в мягкую губку, Мохоед торопливо искал выход. Про ногохватов он знал совсем мало — не нападают на мелководье, роют норы под корягами, дышат жабрами. Мелководье! Нет, до него не близко. Тварь надо прогнать. Даже если не съест, наделает в кувшинке дыр, и она утонет — вместе с Мохоедом, понятно. И когда торжествующая морда ногохвата вдруг появилась прямо перед его лицом, Мохоед отпустил дудочку и выдохнул целый рой пузырьков. Ногохват ухнул, дрыгнул ластами, влез носом в жгучие фибры и в три гребка исчез в синеватом сумраке.

Увалень вынул голову из воды и глянул на Злобня:

— Нет его там.

— Сожрали. Ей-ей, сожрали!

Увалень задумчиво облизнулся, вскинул на плечо костяной тесак и пошел вдоль берега.

— Ну чего его искать, Мохоеда этого? Ну чего ради ноги бить?

— Смолкни, дурень.

Охотники вышли на мелководье. Над водой клубились насекомые. Со стороны недалекого болота тянуло гнилью.

— Уйдем отсюда, чего мы тут? Ненароком Хозяин заглянет, а?

Посреди мелководья торчала огромная кувшинка. Увалень всмотрелся внимательнее и удивился — кувшинка была в двух местах прокушена ногохватом. До Холодной Воды еще полгода, а он уже сейчас разум потерял? Увалень втянул ноздрями воздух, упал на грудь и посмотрел на прибрежную траву.

— Злобень!

— А?

— Зови всех. Я знаю, где он.

Мохоеду не везло с самого рождения. Едва мама прикрыла кожистое яйцо с Мохоедом хрустящей листвой, как в гнездо забрался чернец. Мама спряталась в кроне и стала звать папу. Пока тот бежал, чернец съел всех мохоедовых братьев и сестер — последнее яйцо папа вырвал из жадной пасти. Вот и вырос Мохоед без родни — никто за него не заступался, никто его жизни не учил. В отличие от сверстников, Мохоед не любил драться, зато любил задавать взрослым дурацкие вопросы — ох и лупили же его!

Как-то раз, убегая от Старика, Мохоед по неосторожности влетел в ядовитый куст шиполиста. Старик остался на полянке — ругался почему зря и гневно хлопал в ладоши. Делать нечего, пришлось Мохоеду продираться сквозь куст. Раздвинув последние цепкие ветки, он оказался перед высоченным конусом мурашника. Дозорные мурашей протрубили тревогу, и на Мохоеда набросились кусачие и летучие воины. Он закрыл глаза и приготовился к мучительной смерти. Даже один укус мураша был испытанием — судороги, боль, неумная жажда. Два укуса — безумие. Три укуса — смерть. Постоял. Нос зачесался. Открыл один глаз: на земле, образуя идеальный круг, лежали маленькие блестящие трупки. Так Мохоед узнал, что запах шиполиста убивает мурашей. Умереть-то он не умер, а вот нарывами от шиполиста мучился весь сезон дождей.

Едва встав на ноги, Мохоед пошел в лес, поймал гигантского слизня и бросил его в ядовитый куст. Слизень выбрался оттуда и, тихо подвывая, пополз через поляну в рощу млечных деревьев — с их листьев в жаркую погоду капало мутноватое, клейкое молоко. Страдалец как следует вывалялся в лужице, и волдыри исчезли прямо на глазах восхищенного Мохоеда.

Словом, когда Увалень с пятью охотниками ступил на тропу, идущую вдоль Болота Мырсы, Мохоед, грязный и липкий, во-

рошил камышовой дудочкой четвертый мурашник. Крылатые воины огибали его, сбивались в рой и кружились над тропой.

— Попался, — сказал Увалень, ткнув пальцем в лесную прогалину. — Пырло!

Пырло шагнул вперед, достал из поясной сумки деревянный шар, вложил его в пращу.

— В ногу бей.

Шар, фыркнув, пробил листву на волосок от Мохоедовой лодыжки — тот подпрыгнул и спрятался за деревом.

— Увалень, а чего он не бежит, а? — спросил Мырло.

— Ну куда ему бежать? Впереди — засада, позади — засада, а вокруг — болото.

Увалень покрутил головой — его встревожил какой-то незойливый, на самом краю слуха, звук.

— Эй! Мохоед! — крикнул он.

— Чего тебе?

— Положи на дорогу ту вещицу, которую выменял у Двухголосых!

— Зачем это?

— Боюсь — потеряешь. А потом — беги!

— Отпускаешь?

— Нет. Беги, а то тебя убивать не интересно!

— Лучше ты беги, брат-рыбод!

— Слышь, Увалень, — сказал Мырло, — чего это он разговоры разговаривает?

— Спятил. Бузуники со страху налопался. Стойте тут — я пошел.

Увалень шагнул к недалекому укрытию Мохоеда, как вдруг Злобень схватил его за руку.

— Эй-эй! У тебя...

— Смолкни.

— Увалень.

— Смолкни — я велел!

— Кажись, у тебя на лбу мураш.

Увалень вытянул губы дудочкой и осторожно дунул на лоб. Мураш грозно затрещал крыльями. Увалень дунул сильнее — тварюшка вцепилась всеми лапками и втянула усики. Охотники смотрели Увальню на лоб. Он раскрыл ладонь.

— Не вздумай...

Рука Увальня мелькнула и звонко хлопнула по лбу — аж крылья брызнули в разные стороны. Тонкий гуд вдруг усилился. Под ветвями стало как-то темнее.

Шурша по листьям, будто невиданный горизонтальный дождь, из кустов вылетела разъяренная стая мурашей.

— Дёру! — пискнул Злобень.

Охотники, не сговариваясь, развернулись и бросились к недалекой реке. Мураши, увлекаемые общим движением, миновали Увальню и полетели вдогонку.

Когда Увалень прибежал к реке, все было уже кончено. Двое охотников лежали на самой границе леса, раздувшиеся и побелевшие от яда. Еще трое сидели на корточках и плакали, как напуганные самки, — спятили. Увалень подошел к самой воде. Из прибрежной тины высовывали головы Злобень и Пырло. Они успели спрятаться от нападения в грязи. Мураши, отогнав и напугав охотников, спокойно возвращались по домам. Кто-то дернул Увальню за ногу. Позади на корточках стоял Мырло и канючил:

— На ручки! Хочу на ручки!

Глаза застлала пелена ярости. Увалень закричал и схватился за тесак.

Он вытер оружие о траву. Лицо, плечи и руки Увальня были забрызганы черной кровью охотников. Злобень и Пырло с ужасом смотрели на него.

— Идем, — бросил Увалень.
Охотники переглянулись. Наконец Злобень решился:
— Боязно нам.
— Что?
— Страшно! Мохоед муравьиное слово знает — они его не трогают.
— Его боишься?
— Да.
— Зря, Злобень. Лучше меня бойся.
— Тебя я, Увалень, тоже ой как боюсь!
— Но не так, как Мохоеда?
— Ну...
— Это ты виноват, — сказал вдруг Пырло, — ты мураша убил. Может, они и не мстили бы нам. Ты. Ты!

Увалень отступил на шаг, вскинул руки и крикнул. Жуткий тесак надвое развалил разговорившегося Пырлу. Увалень отбросил оружие, схватил Злобню за шею и ткнул его в изувеченный труп охотника.

— А теперь?! Теперь, жалкий краб? Кого ты боишься теперь?!
— Тебя!
— Не слышу!
— Тебя! Тебя!! Тебя!!!

По болоту ходить — мертвому быть. Конечно, если не знать тропы. Мохоед потоптался около берега — сзади слышались истошные крики охотников. Поди, не сладко с мурашами сражаться. В болото лезть не хотелось. А может, и не придется? Крики смолкли. Мохоед взобрался на высохшее дерево и глянул в начало тропы — туман заколебался, и вот из него появились двое. Впереди шел Увалень, за ним поспешал Злобень. Значит — лезть.

Мохоед спрыгнул с дерева и ступил в теплую вонючую воду — она быстро дошла ему до пояса. Тонкие воздушные корни древесных цветов спускались к самой воде. Мгновение — и Мохоеда не стало видно с тропы. Теперь главное, чтобы его путь не скрестился с дорогой Болотного Мырсы. Мохоед добрал до небольшого холмика, заросшего синими цветами. Он взобрался на спину холма, встал на цыпочки и посмотрел вокруг. Над болотом стоял туман. Слева бухнуло — взорвался спорами гриб, — и опять чавкающая тишина. Мохоед перепрыгнул на ближайшую кочку, с нее на вторую, всмотрелся: по болоту полз слизень. Эти твари всегда держатся подальше от трясины. Мохоед осторожно пошел следом.

Увалень остановился около сухого дерева и посмотрел на болото. Кто-то недавно тут прошел — потревоженная ряска срасталась корнями, быстро затягивая след в черной воде. Увалень повернулся к трясущемуся Злобню.

— Ты! Ступай вперед. На краю болота у тропы стоит дерево — старое, сросшееся из трех. Влезь на него и меня жди.
— Я мигом, Увалень!
— Не называй тут моего имени, дурень!
— Ага.
— Если я выйду, а тебя там не будет — знаешь, что сделаю?
— Знаю, Ув... Знаю!
— Ступай.
— А если...
— Что?
— А если... Ну а если он выйдет?
— Мохоед?
— Да.
— Ха. Ну если так — убей его.
— Понял. Так я пойду?
— Иди.

Злобень припустил по тропе. Увалень посмотрел ему вслед. Радуется, дурень. Радуется, мяса кусок. Под сросшимся деревом — гнездо Мырсы. Пусть как следует полакомится Злобнем. Плотно поест и не станет мешать Уваленью охотиться на своей делянке.

Слизень, погоняемый дудочкой Мохоеда, полз изо всех сил, да все равно медленно. Наконец он остановился, свернулся в студенистый шарик и скользнул в неприметную нору под кочкой. Мохоед немного подождал — может, у него еще какие дела на болоте есть? Может, ему теперь бабушку навестить надобно? Но видать, слизень решил оставить визиты на потом. И на том спасибо, что сюда довел. Мохоед присел на кочку и задумался — может, зря он через болото пошел? Может, надо было по тропе идти? Увалень хитрый — наверняка он и за тропой засаду оставил, так что — нет ему другой дороги. Мохоед достал раковину свистушки, приложил к уху: «Домой, домой, иди домой, туда, где тебя ждут. И я тебя домой доведу, только доверься мне!» Мохоед отер ноги от болотной грязи, почесал спину о корягу и пошел вперед. От коряги отделилась тощая серая фигура, зыркнула тремя желтыми глазами и бесшумно двинулась следом.

С востока донесся испуганный крик — вот Злобень и увидел, каков Мырса. Увалень смело шагнул в воду и резво пошел по уже еле заметной ниточке Мохоеда следа.

Ноги уходили в трясины по колено. Мохоед приметил впереди сухое место и двинулся к нему. Один шаг, второй, а потом нога не нашла опоры — он провалился в трясины по пояс. Мохоед постарался выбраться назад, ухватиться за что-то, но кругом были осклизлые нити бузуники, которые рвались под пальцами. Он и не заметил, как погрузился в болото по грудь. Мохоед сунул в рот дудочку — если что, можно будет дышать некоторое время. Вот тебе и двадцать пузырьков у водомерки! Грязь, там внизу, стала уже ледяной, а дна все нет. Может ли быть хуже? Мохоед поднял взгляд от грязи и понял — еще как может! Припав на корточки, растопырившись на длинных суставчатых ногах, перед ним сидело что-то невиданное, взятое и слепленное из всех страшных снов. Сидело и пристально смотрело тремя выпученными глазами. Мохоед, как мог, отстранился и слабенко — силы улетучились — закричал.

Увалень огляделся — он был на середине болота. Если Мохоед сможет отсюда выбраться, до Деревни ему будет рукой подать. И никакой засады там Увалень не поставил. Да только куда этому хлюпику через болото перейти? Крупный светлячок уселся на локоть коряги, подобрал что-то и хотел было лететь дальше, да Увалень накрыл его ладонью.

— Чего это у тебя? — пробормотал он, выламывая светлячку лапки.

Кусочек оранжевой кожи. Увалень принюхался — кожа тонко пахла мхом. Спинку почесать решил? Вовремя. Он бросил светлячка в рот и разжевал. Вдруг впереди, из-за тумана, раздался печальный, тягучий звук.

— Чего это? А! Ну, Мохоед, совсем из ума выжил!

— Здравствуйте, Хозяин, — прошептал Мохоед. Он не верил, что Мырса понимает речь, да уж больно умными были его глаза. — Я просто мимо шел. Я не враг вам.

Мырса раскрыл перепончатую лапу и не больно коснулся когтем его плеча. Да, совсем не больно. Только плечо сразу онемело. Он переместился поближе и погладил Мохоеда по голове, словно жалея. Туман, клубящийся вокруг, вдруг сделался иссиня-черным, а невнятные узоры на морде Мырсы, которые Мохоед принял за разводы грязи, стали переливаться багровыми узорами.



ФАНТАСТИКА

— Вы мне можете выбраться, Хозяин?

Мырса вытянул хвост, обвил его Мохоеду вокруг шеи, острожненько сдавил и заглянул в глаза. Коготь снова ткнулся в плечо — сердце заколотилось быстро-быстро, туман окончательно скрыл окружающее болото, а узоры проявили под багрянцем желтый испод.

— Нет!

Мырса снова погладил его по голове и сдавил сильнее, раскрыл тремя лепестками пасть с мелкими зубками, придвинул ее к самому лицу добычи. Мохоед понял, что сейчас умрет, просто не сможет этому помешать, как не могли помешать братья и сестры чернецу. Он сунул в угол рта дудочку, выдул из нее сгусток грязи и заиграл. Это была совсем простая мелодия — под нее укачивали в Деревне малышей. Мырса вздрогнул и отстранился испуганно, даже прикрыл лапой глаза. Болотная жижа дошла Мохоеду уже до подбородка, сердце колотилось меж висков, но он продолжал нехитрое чередование звуков, пока Мырса не протянул к нему все свои четыре лапы.

Увалень крался по болоту, едва не цепляя животом никлую траву. Он выглянул из-за гнилого пня и глазам своим не поверил. В трех шагах от него, на кочке, сидел покрытый грязью по макушку Мохоед. Сидел и дудел дурацкую песенку! Увалень выпрямился во весь рост и шагнул к кочке.

— О, Увалень? А где остальные?

— Не называй моего имени!

Мохоед хихикнул.

— Ты чего, а?

— Я? Да ничего — сидмя сижу, песенки пою.

— Песенки?

— Ага. Тебя поджидаю.

Прямо перед Мохоедом зиял развороченный болотный колодец — глубокий и беспощадный.

— Ты как из колодца выбрался? — спросил Увалень.

Мохоед опять хихикнул.

— Почему тебя мураши не кусали? Слово знаешь?

— Ни к чему это тебе.

— Пусть. Давай сюда.

— Это? — Мохоед разорвал складку на груди и вынул стеклянный шарик.

Увалень протянул руку — забрать, но Мохоед резво спрятал тотем на место.

— Ц-ц-ц! Испачкаешь.

Мохоед не боялся. Он, вечно прятавшийся от Уваленья на деревьях, — не боялся! Охотник взмахнул тесаком, чтобы снести ненавистную хихикающую голову, но оружие вдруг выпало из онемевшей руки. Увалень увидел длинную иглу, торчащую в ладони. На миг ему показалось, что у Мохоеда в руках не дудочка, а метательная трубка, но нет — он безучастно играл, глядя на корягу. Да на корягу ли? Он развернулся на пятках и побежал к берегу. Он бежал, пока не онемели сразу обе ноги, — тогда он пополз. Мырса был тут как тут — увлекшись музыкой, он совершенно забыл про обед.

Мохоед выбрался на тропу. Он еле ноги волок. На его плече лежал тесак Уваленья. Страшно болела голова — наверное, из-за яда Мырсы. Остановившись возле дерева, сросшегося из трех, Мохоед хорошенько отчистил ноги, чтобы не занести в Деревню споры болотных грибов.

С дерева спустился Злобень и осторожно, перебегая через тропу и прячась за деревьями, пошел следом. Три юных охотника, сидящие перед Деревней в засаде, увидев тесак Уваленья, побежали к Старика. Мохоед вышел на середину Деревни, стал в круг из камней и бросил оружие Уваленья наземь. Дюжина самок омыла его душистой водой, которая

собирается после дождя в цветах вьюнка. Мохоед извлек из кожной складки стеклянный шарик и пошел на холм за Деревней, где жила в прозрачном доме Ткущая Свет.

Сам не свой переступил Мохоед ее порог. Дом был полон мертвыми запахами и страшными ритмами Двухголосых. Ткущая Свет оторвалась от своего занятия и показала ему зубы. Мохоед положил перед собой стеклянный шарик — тотем какого-то — может быть, ее? — гнезда. Он достал дудочку и заиграл, временами останавливаясь и говоря нараспев: «Ткущая Свет и Дымящая Воду, послушай мои слова! Ты потерялась в нашем лесу, но я, Мохоед, помогу! Вот лежит гнездовой тотем — возьми же его себе. Он тебя приведет домой — туда, где тебя ждут! Прошу тебя — забирайся скорее в Парящую Раковину. И освободи наш Холм, который ты заняла! Я снова стану растить на нем хлебные грибы. И охотники утратят власть — ее слишком много для них».

От: з. Бетельгейзе, пл. Трайдент, локация 89, Лора Лю.

Кому: з. Солнце, пл. Нептун, ст. «Ни-Хао», Анастасия Чжан.

Милая Настя! Не знаю, что доберется до тебя быстрее — письмо или уже я сама. Мой контракт на Трайденте закончился, завтра отбываю домой. Ну я и дура — мне месяц в карантине сидеть! Тогда — да, письмо ты увидишь раньше.

Эльзе понравился мой отчет по этим ее «биокинетическим группам», обещает в следующем году отправить на Кашель — есть такая планетушка у Ригеля, ну и названьице, да? Честно сказать — я бы посидела дома. Хочется побыть с тобой, с детьми, и еще: когда Челнок входит в потенциальный колодец, мне кажется — умру сию секунду! И еще одно «еще»: надоели биоактивные планеты со своими запахами и карантинами.

Хотя на Трайдент — грех жаловаться. У меня в низинке деревня, я тебе дома голографии покажу. Фрэглы (так называют аборигенов) очень милые и простые. Вообрази — один местный паренек ходит ко мне каждую неделю. Ему нравится смотреть, как я работаю с лазерной голосферой, — прямо глаз не сводит. Придет, усядется в тамбуре и минут десять песни поет — я записывала, потом послушаешь. И все время оставляет подарок: то пустой картридж от станнера, то огрызок карандаша, а в последний раз — стеклянный шарик. Ума не приложу, где он их берет, — тут заповедная зона и пограничники никого не пускают, кроме ученых, но мы не мусорим.

Ну и все, буду собираться. Должна была вернуться раньше, но пришлось задержаться. Трайденту повысили статус — оказалось, что история про «паучий жемчуг» не выдумка. Может быть, ты читала? Местные геологи говорят, что он лечит все болезни. Сначала над ними смеялись, а потом врачи опубликовали статью. Несколько крыс кормили вытяжкой их «жемчуга», и у них остановился процесс старения. Так что у Трайдента большие потенциалы. Жаль, что мой фрэгл не носил мне это сокровище.

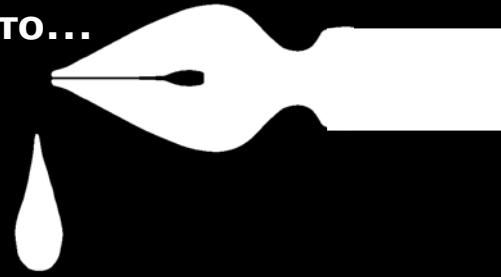
До встречи, Настенька, целую тебя и люблю.





Художник В. Мисюк

Пишут, что...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Большие глаза сгубили брата

Антропологи давно ломают голову над следующим парадоксом. Размер мозга неандертальца, особенно в последние 75 тысяч лет существования этого вида, практически не отличался от такового у современных ему людей. Однако мощный и сильный неандерталец вымер, а *Homo sapiens*, не обладая крепкими зубами, когтями и рельефной мускулатурой, стал царем природы. Видимо, потому, что компенсировал физическую немощ силой ума. Но если она зависит от размера мозга, то неандерталец был не глупее, и тогда непонятно, почему ему пришлось освободить экологическую нишу. Исследователи из Оксфордского университета и лондонского Музея естественной истории во главе с Эйлунад Пирс решили с этим парадоксом расправиться раз и навсегда («Proceedings of the Royal Society B», 2013, <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.0168>). Они предположили, что размеры размерами, но участки, отвечающие за органы чувств, могли существенно потеснить те, что отвечают за сообразительность.

Как же выяснить распределение ресурсов в мозгу неандертальца, если под рукой есть лишь его немногочисленные черепа? Методом рассуждений. Первое, что приходит в голову: неандерталец мощнее человека, выше ростом и мускулистее. Причем со временем эта гора мышц становилась все больше и больше. А такое тело требует и больше ресурсов мозга для своего управления. Поэтому, строго говоря, размер мозга нужно нормировать на размер тела. Уже этот прием позволил уменьшить эффективный размер мозга неандертальца по сравнению с современным ему человеком. А вторая мысль была такой. Неандертальцы жили в высоких широтах, кроманьонцы же пришли из Африки. Там света много и особой потребности в больших глазах нет. А на севере, где света мало, нужно смотреть на мир широко открытыми глазами. И действительно, объем глазных орбит у неандертальцев на 15% больше, чем у людей. Чем больше глаза, тем больше должна быть зрительная область мозга. Построив зависимость размера зрительной области от размера глазных орбит для многих видов приматов, исследователи высчитали, какова она была у неандертальца. После вычитания зрительных долей его эффективный мозг стал почти на 20% меньше мозга человека разумного.

Видимо, нашему древнему брату было трудно удерживать в голове несколько мыслей одновременно, и, как следствие, он не мог создавать развитые социальные связи. Это подтверждается раскопками — неандертальцы жили малыми семьями, полагаясь на прекрасное зрение и мощь мышц. Эта стратегия оказалась менее удачной, чем коллективистские настроения древних людей, которые сумели создать развитые сообщества и в конце концов породили нашу цивилизацию.

С.Анофелес

...если бы человечество начиная с 1965 года отказалось от достижений селекции сельхозкультур, общая посевная площадь в 2004 году была бы на 17,9—26,7 млн. га больше, из них 12,0—17,7 млн. га находилось бы в развивающихся странах («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 21, 8363—8368)...

...исследования митохондриальной ДНК из останков более ста людей, которые жили на острове Крит 3800—4900 лет назад, подтвердили происхождение митохондриальной цивилизации от неолитической европейской популяции и не выявили предков из Египта («Nature», 2013, 497, 7450, 412—413)...

...фуллеренолы, то есть фуллерены с гидроксильными группами $C_{60}(OH)_{18-24}$ и $C_{60}(OH)_{30-38}$, обладают противовирусной активностью в отношении вирусов гриппа, простого герпеса, аденовируса («Химико-фармацевтический журнал», 2013, 47, 2, 19—23)...

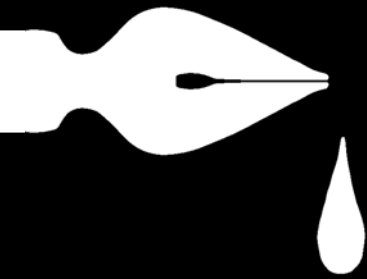
...стимуляция выпадения осадков из облаков соевыми порошками на порядок эффективнее, чем гигроскопическими частицами из пиротехнических шашек («Известия РАН. Физика атмосферы и океана», 2013, 49, 2, 171—179)...

...грязевые вулканы в Черном море, возможно, указывают на присутствие в этих местах метановых газогидратов («Литология и полезные ископаемые», 2013, 2, 119—127)...

...в поверхностных слоях городских почв содержание техногенного магнетита Fe_3O_4 , поступающего аэрозольным путем, может достигать 3—4%, тогда как в фоновых почвах оно не превышает 0,1% («Почвоведение», 2013, 3, 350—358)...

...уменьшение объема головного мозга начинается после 35 лет и составляет в среднем 0,2% в год, а в 60 лет достигает 0,5% в год («Биохимия», 2013, 78, 3, 391—397)...

...у крыс на острую боль реагируют не только нейроны ретикулярной формации продолговатого мозга, но и вспомогательные глиальные клетки («Нейрохимия», 2013, 30, 1, 71—78)...



...мыши с врожденной повышенной чувствительностью к ионизирующему излучению по сравнению с менее чувствительными линиями в условиях хронического облучения демонстрируют более тревожное поведение («Радиационная биология. Радиоэкология», 2013, 53, 2, 170—182)...

...исследование радиационной обстановки на МКС с применением фантома человеческого тела показало, что на глубине кроветворной системы вклады галактических космических лучей и радиационных поясов Земли в дозу составляют 40 и 60% соответственно («Космические исследования», 2013, 51, 2, 136—144)...

...как показывают данные аэрокосмического мониторинга дыма летом 2010 года, с 5 по 9 августа область наиболее плотных дымов обошла вокруг Москвы, практически не задев ее, что сильно смягчило экологическую ситуацию в столице («Оптика атмосферы и океана», 2012, 25, 12, 1062—1076)...

...согласно данным Центра по контролю и профилактике заболеваний в Атланте, у 13—20% американских детей диагностируют то или иное психическое расстройство, из них 6,8% приходится на синдром гиперактивности с дефицитом внимания («New Scientist», 2013, 2918, 4)...

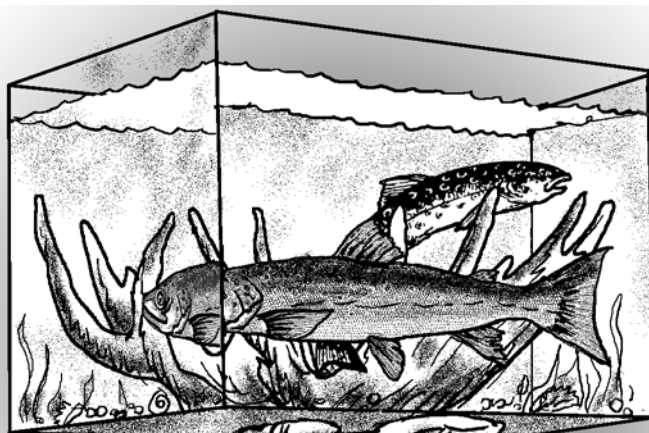
...на обменные процессы в эритроците человека влияют упругие свойства его оболочки («Биологические мембраны», 2013, 30, 2, 115—127)...

...предложен тест для дифференциальной диагностики нормального и патологического перфекционизма («Психологический журнал», 2013, 34, 2, 117—128)...

...одна из причин гибели самок и молодых самцов сивуча *Eumetopias jubatus* на репродуктивных лежбищах — удушение или раздавливание крупным самцом-секачом в процессе спаривания, причем некоторые секачи убивают таким способом десятки особей («Биология моря», 2012, 38, 6, 471—476)...

...запатентован дирижабль, получающий энергию от атомной батареи («Изобретатель и рационализатор», 2013, 4, 5)...

Художник В. Мисюк



Misyuk

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Как форель съела лосей

В одном из самых знаменитых американских заповедников, Йеллоустонском национальном парке, творятся страшные дела: растет поголовье волков и медведей, а количество телят у мигрирующих по его территории лосей катастрофически падает. Если двадцать лет назад на одну самку в стаде приходилось 0,5—0,25 теленка, то теперь лишь 0,1—0,2, что маловато для устойчивости их популяции. А поскольку количество беременных лосих и смертность новорожденных лосят не изменились, получается, что телят съели хищники. Неужели это волки, которых специально вернули в парк для восстановления естественной экосистемы? Неужели экологи ошиблись в своих расчетах и надо вновь отстреливать волков для защиты лосей? Нет, считают американские специалисты во главе с Артуром Мидлтоном из Университета Вайоминга («Proceedings of the Royal Society B», 2013, <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.0870>); просто они не учли еще один важный фактор. А именно вселение в парк озерной форели в конце 80-х годов XX века.

Раньше в реках и озерах парка жил лосось Кларка, он же красноротый лосось, получивший такое название из-за красного пятна под челюстью). Эта рыба обитает на мелководье и становится лакомой добычей для многих животных, в первую очередь медведей. Озерная форель, будучи сильным хищником, съела лососей почти начисто. Сама же она добычей наземных обитателей не становится, поскольку живет на глубине, откуда ее ни медведь, ни койот выгнать не может. Свой вклад внесла и засуха: из-за нее пересохла многие речки, в которых обитал лосось. Медведи (а их в парке сейчас более трех сотен) оголодали и потянулись в лес, через который как раз мигрируют лоси. Телят они и съели вместо рыбы: об этом свидетельствуют и хорошее совпадение графиков снижения поголовья лосят и форели-головореза, и увеличение числа съеденных телят, приходящихся на одного медведя в год с трех до почти восьми. Гораздо реже стали видеть медведей в бывших местах рыбалки: форели нет, что им там делать? Поскольку само поголовье медведей не растет, очевидно, что убыль телят связана с изменением рациона хищников.

Вот так озерная форель фактически съела в парке лосей, продемонстрировав, сколь сложны причинно-следственные связи в живой природе: вроде потянули за одну ниточку, а получили целый клубок проблем. Оно конечно, с форелью начали бороться еще в 1994 году; каждый день рыбинспекторы забрасывают 16 км сетей в озеро и вылавливают по 10 тысяч рыб ежегодно («Fisheries», 2005, 30, 11). Но эти усилия результата не дают.

А. Мотыляев



Женщины-химики: самые первые

Более 40% научных работников в российских академических институтах — женщины, хотя на самых верхних ступенях научно-административной пирамиды их меньше. Семь женщин-химиков — члены Академии наук, если считать также био- и геохимиков. Среди 160 лауреатов Нобелевской премии по химии — четыре женщины. И это понятно: несмотря на успехи биологии, мужчины пока не рожают, не кормят грудных младенцев, а некоторые — меньше тратят времени на детей. Но это сейчас; а что было раньше?

Если химиками считать также алхимиков, то и среди них можно встретить немало женщин. Более того, именно они были первыми химиками, что неудивительно: у плиты совершаются самые разные химические превращения. Первой женщиной-химиком, чье имя известно, была жившая в XII веке до н. э. в Древнем Вавилоне Таппути-Белатекаллим. Она упоминается в месопотамских клинописных табличках вместе с помощницей, от имени которой сохранилась лишь окончание: «...нину». Таппути использовала собственные способы экстракции и дистилляции для получения эфирных масел из растений. Причем занималась этим, как сказали бы сейчас, в силу служебных обязанностей: она работала смотрителем во дворце правителя, о чем и свидетельствует вторая часть ее имени.

После заката Вавилона постепенно возвысилась египетская цивилизация. Ее отличало равноправие женщин (некоторые из них стали даже фараонами). Египтянки наравне с мужчинами участвовали в изготовлении пива и лекарственных средств, однако имен этих женщин мы не знаем. То же можно сказать и о Древней Греции; тем более что в этой «колыбели демократии» женщинам отводилась подчиненная роль, им было даже запрещено участвовать в собраниях. А в Древнем Риме и мужчины не оставили следов в химической науке.

Исключением была Александрия. В этой столице эллинистического Египта правила знаменитая Клеопатра (69—30 годы до н. э.). Ей приписывают изобретение алембика — древнего перегонного куба, наблюдения за растворением жемчуга в уксусе, а также авторство «Хризопеи» — рисунка, согласно одной из трактовок изображающего превращение свинца или ртути в золото. Там же, но позднее (время ее жизни в точности не известно) жила легендарная Мария Профетисса, то есть «пророчица», она же Мария Еврейка, Иудейская Мария, Мария Коптская. Ее весьма почитали алхимики, в Средние века ей приписывали составление латинского трактата «О философском камне», а также несколько важных изобретений, таких, как водяная и паровая бани особой конструкции, песчаная баня и перегонный аппарат. Она описала ядовитые свойства ртути, а также черный порошок, получаемый при нагревании с серой свинцовой бронзы — сплава меди со свинцом. Мария Профетисса считается основателем александрийской алхимической школы. Ее теоретические воззрения были типично алхимическими: она разделяла металлы на мужские и женские, считала, что у каждого из них есть тело и душа, о которых можно узнать путем особых алхимических процессов.

Алхимиком была сестра и соавтор знаменитого Зосимы из Панополиса, работавшего в Александрийской академии (как все-таки важна научная атмосфера!). Психиатр Карл Густав Юнг в книге «Психология переноса» пишет: «Алхимия, как разновидность философии, была в основном мужским занятием, вследствие чего ее формулировки в большинстве случаев носят маскулинный характер. Однако не следует упускать из виду тот факт, что женский элемент в алхимии не так уж незначителен, поскольку даже во времена ее зарождения в Александрии встречаем аутентичные свидетельства о женщинах-философах, таких, как Теосебейя, soror mystica Зосимы, а также Пафнутия и Мария Пророчица. Из более позднего времени нам известны алхимики Николая Фламель и его жена Перонель. Mutus liber (лат. «Немая книга», один из самых известных алхимических трактатов: 15 гравюр без текста) в 1677 году рассказывает о муже и жене, которые работали вместе. Наконец, в XIX веке встречаем пару английских алхимиков — Томаса Саута и его дочь, позднее ставшую миссис Этвуд».

З.В.БОГАТЫРЕВОЙ, Санкт-Петербург: *Галактофруктоза — то же, что лактулоза; получают ее из молочного сахара лактозы изомеризацией глюкозы во фруктозу; практически не всасывается, но считается полезным пищевым ингредиентом, поскольку способствует росту бифидобактерий и предотвращает запоры.*

В.П.КРАМАРЕНКО, Иркутск: *Есть еще одна полезная страница для страдающих аллергией на пыльцу, кроме перечисленных в прошлом номере, — <http://www.kestine.ru/monitoring.aspx>, с актуальными данными по нескольким российским городам.*

А.А.ЕГОРОВУ, Нижний Новгород: *Аббревиатура РР, который обозначают витамин ниацин (никотиновую кислоту и ее производные), происходит от английского pellagra preventing — «предупреждающий пеллагру».*

Л.С.СОЛОВЕЙ, Москва: *Коричный альдегид и коричный спирт входят в перечень потенциальных аллергенов согласно директиве Европейского союза по косметике, опубликованной в сентябре 2009 года; там также упоминаются лираль, цитронелол, кумарин, масло дубового мха и некоторые производные этих веществ.*

Е.П.ВИКТОРОВОЙ, Смоленск: *В зеленый сыр шабцигер добавляют не донник, как пишут на кулинарных сайтах, а голубой пажитник *Trigonella saerulea*; у донников цветы белые или желтые, да и запах не такой пряный.*

А.Х., электронная почта: *Беспристрастность и объективность — это прекрасно, но материалов против теории эволюции «Химия и жизнь» публиковать не планирует, точно так же, как и материалов против гелиоцентризма и за геоцентризм.*

Ю.Г.АВРУТИНУ, Южно-Сахалинск, и др.: *Подробный рассказ о том, что представляют собой «ионы Скулачева», они же *SkQ*, мы напечатали в № 5 за 2007 год.*

И., электронная почта, и другим студентам: *В нашем архиве можно найти статьи на любую тему, но писать научную работу на основе публикаций в популярном журнале, мягко говоря, не солидно, необходимо знакомство с оригинальными статьями в научных журналах.*



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

Soror mystica (лат. «мистическая сестра») — алхимический термин: женщина, которая трудится вместе с алхимиком, когда он смешивает субстанции в своих ретортах.

Сравнительно недавно в Европе стали известны достижения китайских алхимиков, в числе которых были и женщины. В трактате китайского алхимика Гэ Хуна (281—341 н. э.) рассказано о женщине из семьи Фан, которая училась алхимии вместе с одной из жен знаменитого ханьского императора и полководца У-ди. Ей приписывается получение серебра из ртути, но, по-видимому, она просто использовала ртуть для выделения серебра из руды: при нагревании амальгамы серебра ртуть отгоняется и остается чистое серебро. Жившая в X веке Кэн Сянь-Сен продемонстрировала алхимические опыты в императорском дворце. В старинных китайских текстах сохранилось еще несколько имен женщин-алхимиков, но сведения о полученных ими результатах до нас не дошли.

После заката античности науки, в том числе и алхимия, расцвели в арабском мире, но там она оставалась мужским занятием. А вот в средневековой Европе кое-кто из женщин все же занимался философией и другими науками. Больше всего возможностей для этого было у монахинь, настоятельниц женских монастырей. Самая знаменитая из них — Хильдегарда Бингенская (1098—1179), автор мистических трудов, религиозных

песнопений и музыки к ним, а также трудов по естествознанию и медицине; в ее честь назван один из астероидов. Немногом раньше в Саксонии жила еще одна аббатиса — Хрөсвита (Росвита) из Гандерсхайма (935—1000?), первая немецкая поэтесса, писавшая на латыни. Об алхимической деятельности этих монахинь почти ничего не известно.

Анна Мария Циглерин (1550—1575) происходила из знатной немецкой семьи. Вместе с мужем Генрихом она помогала алхимику Филиппу Зёммерингу, который работал при дворе герцога Юлия Брауншвейг-Вольфенбюттельского. Их целью было, как у всех придворных алхимиков, получение философского камня, а с его помощью — золота и драгоценных камней. Зёммеринг был мошенником, он получил у герцога «грант» в две тысячи талеров — огромную сумму, эквивалентную почти 60 кг серебра, и бежал. Остальных алхимиков арестовали и судили. Однако не за напрасно потраченные деньги (герцог не мог признаться, что его долго дурачили), а за множество преступлений, в основном выдуманных. По приговору суда Генрих был четвертован, а его жена сожжена заживо (впрочем, тогда по-другому и не сжигали). Остались документы, в том числе протоколы допросов, из которых следует, что Анна Мария не была обманщицей и верила в возможность получения философского камня.

И.А.Леенсон



17-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ
28–31 октября **2013**

Организатор: ЦВК «Экспоцентр»

www.chemistry-expo.ru

12+



 **ЭКСПОЦЕНТР**
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

123100, Россия, Москва,
Краснопресненская наб., 14
E-mail: chemica@expocentr.ru
www.chemistry-expo.ru, www.expocentr.ru