



Ж

12
2008

ЖИЗНИ И ВРЕМЕНИ





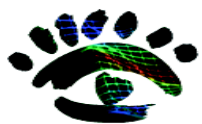


Химия и жизнь
Ежемесячный
научно-популярный
журнал

12
2008

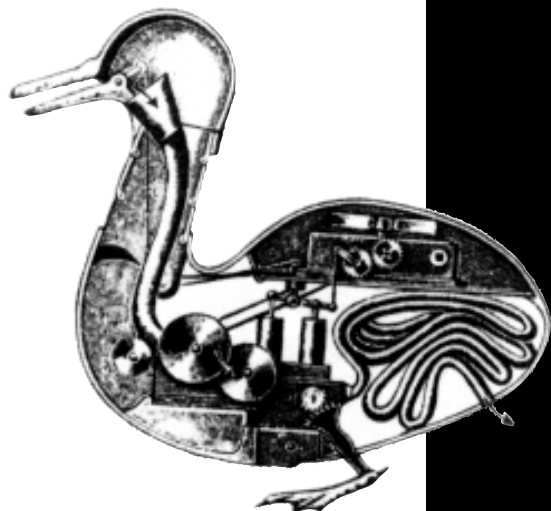
*Будь учтив
с каждой девушкой —
никогда не известно,
за кого она выйдет замуж.*

Нэнси Митфорд



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
«Раздумья художников» Ханса Таманна.
Великие открытия и изобретения
всегда делали известными своих творцов.
Человечество придумало отмечать
самых выдающихся Нобелевскими премиями.
О лауреатах этого года читайте
в отчете о премиях.*





Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ № 77-8479

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н.Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В.Клещенко
Ответственный секретарь
М.Б.Литвинов
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 2.12.2008

Адрес редакции:

125047 Москва, Миусская пл., 9, стр. 1

Телефон для справок:

8 (499) 978-87-63

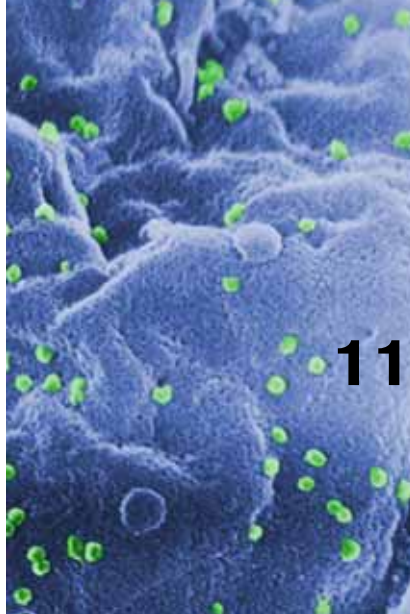
e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;

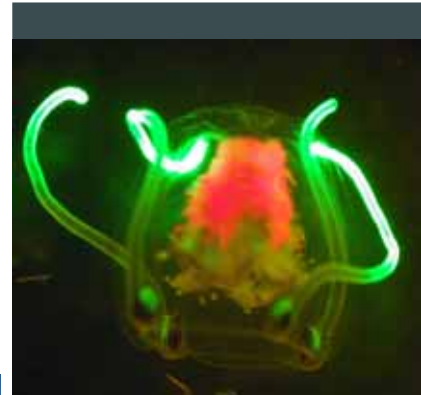
<http://www.informnauka.ru>

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



ВИЧ пока не побежден,
но битва продолжается.

Химия и жизнь



Флуоресцентные белки
очень нужны ученым.
А для чего они
животным?



Тибетских монахов
и советских альпинистов
согревало их внутреннее
тепло.

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

И.В.Перминова

ГУМИНОВОЕ СЫРЬЕ – АЛЬТЕРНАТИВА БИОМАССЕ 4

СОБЫТИЕ

Е.Клещенко

ПРЕКРАСНЫЙ СВЕТ МЕДУЗЫ 10

Е.Клещенко

НАГРАДА ЗА ПОЙМАННЫЙ ВИРУС 11

Л.Каховский

НАРУШЕННЫЕ СИММЕТРИИ 14

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

С.М.Андреев

ОХОТА НА ВИРУС ПАПИЛЛОМЫ 16

ЭЛЕМЕНТ □...

И.А.Леенсон

ТЕХНЕЦИЙ: ЧТО НОВОГО 22

ГИПОТЕЗЫ

Р.С.Минвалеев

ФИЗИКА И ФИЗИОЛОГИЯ ТУММО 28

М.В.Матц

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ КАК СПОСОБ ОБЩЕНИЯ В ОКЕАНЕ 36

Н.Л.Резник

БОЛЬШОЙ ВЫХОД 40

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Малон Хогланд

НА АРЕНУ ВЫХОДЯТ ТРАНСПОРТНЫЕ РНК 45

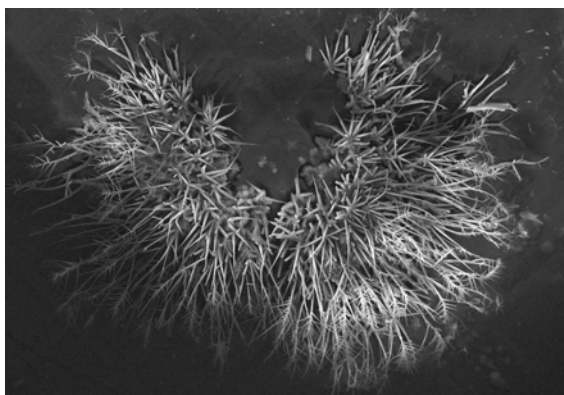


40

Зачем девонским рыбам понадобилось дышать воздухом?

Чтобы получить разнообразные ледяные структуры, необязательно читать над водой заклинания

50



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

А. Мотыляев

НАНОЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И БЕЗ 47

ИНФОРМНАУКА

САПФИР ДЛЯ КОРОЛЕВЫ ВЕЛИКАНОВ 48

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ОПТИМУМ 48

ХАРАКТЕР ПО ОТПЕЧАТКАМ ПАЛЬЦЕВ 49

ЭКСПЕРИМЕНТ

С. Анофелес

ЛЕДЯНЫЕ УЗОРЫ ХОЛОДНОГО МИРА 50

РАССЛЕДОВАНИЕ

И. А. Леенсон

ИОД ИЛИ ЙОД? 58

ИНФОРМНАУКА

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА ТОРМОЗЯТ РОСТ ОПУХОЛИ 60

СТЕКЛО-ХАМЕЛЕОН С МГНОВЕННЫМ ОТКЛИКОМ 60

ОСТОРОЖНО, ЖИР! 61

ДИАГНОЗ ПО СЛЮНЕ И ЗУБНОМУ КАМНЮ! 61

ФАНТАСТИКА

Марина Ясинская

ТРУБОЧИСТ ИЗ ЗАСТЕКОЛЬЯ 62

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

Л. Викторова

ГРЕЦКИЙ ОРЕХ 68

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

Е. Котина

ЛЮБОВЬ ПРАВНУКОВ 72

ИНФОРМАЦИЯ 35, 39 КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 20 ПИШУТ, ЧТО... 70

КНИГИ 44 ПЕРЕПИСКА 72

В номере

4

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Гуминовые вещества могут показаться чем-то второстепенным и малоперспективным. Но, возможно, они станут бесценным сырьем для органической химии.

16

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Работы нобелевского лауреата Харальда цур Хаузена в самом деле принесли большую пользу человечеству. Сегодня в продаже есть вакцины против папилломавируса, вызывающего рак. Пока только профилактические. А российские ученые ищут пути к терапевтическим вакцинам, способным вылечить зараженный организм....

22

ЭЛЕМЕНТ □...

Ядерный изотоп технеция-99 применяется для диагностики множества заболеваний: его нетрудно получить из молибдена-99 даже в условиях клиники, его излучение легко регистрировать, и он за часы переходит в изотоп с большим периодом полураспада. Наш постоянный автор испытал на себе, насколько эта диагностика точна и безопасна.

45

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

В 70-х годах удалось закристаллизовать тРНК и определить трехмерный вид молекулы. Когда нобелевскому лауреату Владимиру Прелогу подарили проволочную модель тРНК, он воскликнул: «Это подпись Бога!» Красота этой молекулы — связующего звена между нуклеиновыми кислотами и белком — не уступает ее огромному значению для жизни.

48, 60

ИНФОРМНАУКА

О великанском сапфире, определении характера по отпечаткам пальцев и очках-хамелеонах быстрого реагирования.

Гуминовое сырье – альтернатива биомассе

Доктор химических наук
И.В.Перминова

В первом номере этого года мы уже писали о гуминовых веществах. Статья вызвала живой интерес у читателей, поэтому мы решили продолжить эту тему. Тем более что состоялось одно весьма знаменательное событие.

В сентябре 2008 года на теплоходе Москва—Санкт-Петербург прошла XIV конференция Международного гуминового общества (МГО), в которой приняли участие 180 иностранных и 100 российских ученых. Казалось бы, ничего особенного, мало ли у нас международных конференций. Но эта была необычной: она впервые прошла в России, впервые за всю историю существования МГО ключевой темой конференции стало инновационное применение гуминовых веществ, и опять-таки впервые в рамках конференции состоялась выставка «Гуминовые материалы – ресурсы XXI века».

Между тем именно в Советском Союзе, в Днепрпетровске, удивительно талантливый ученый и организатор науки – Л.А.Христева фактически создала первую научную школу по использованию гуматов в растениеводстве. За 30 лет (с 50-х по 80-е годы) ее группа выпустила девять научных томов «Гуминовые удобрения: теория и практика их применения». Именно благодаря работам Христевой и ее школы в России термин «гуминовые удобрения» знаком практически каждому. В то же время агрономы Америки и Европы только начинают внедрять их в практику своих хозяйств.

Международное гуминовое общество (International Humic Substances Society – IHSS, www.ihss.gatech.edu) было образовано в Денвере (США) в 1981 году. Сейчас оно насчитывает уже 950 членов и имеет отделения в 26 странах и регионах, в том числе и в СНГ. Региональное Отделение СНГ-МГО образовано в 2002 году, включает 78 членов, официальный сайт — www.ihss.humus.ru. Раз в два года Международное гуминовое общество проводит международные конференции. Тема последней, XIV конферен-

ции, «От молекулярного понимания — к инновационным применениям гуминовых веществ» обозначила лидирующие позиции России в этой области.

Почему такое внимание к веществам, которые используют как удобрения? Потому что, по сути, это стратегический резерв биогенного сырья, с которым еще не научились обращаться, но у которого большое будущее. XXI век называют веком биоэкономики, в основе которой — биоэнергетика, биотопливо и биоматериалы. И приставка «био» происходит от слова «биомасса». Потому что из нее предполагается производить энергию, топливо и химикаты. Биоэнергетика — это биогаз, топливо — биоэтанол, биобутанол, биодизель, а биоматериалы — биопластики, биорастворители и другие «зеленые химикаты», полученные из биомассы.

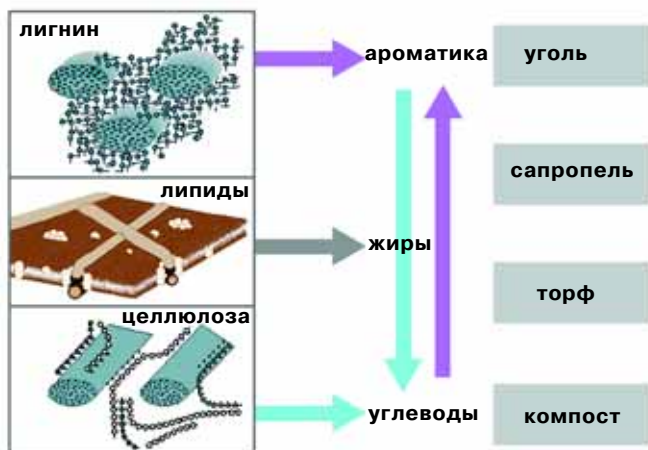
Гумифицированная биомасса занимает промежуточную нишу между сырой зеленой биомассой, на которую сейчас делают ставку, и ископаемым топливом. Основное различие гумифицированной и зеленой биомассы состоит в том, что в гуминовом сырье процесс ферментативного разложения уже завершен, остались только устойчивые к биоразложению структуры. Сколько полезных соединений в компостах, торфах, сапропелях, окисленном буром угле! Но их никто не рассматривает как топливо, из них не предполагают делать исходные вещества для большой химии. Гуминовые вещества известны главным образом как органические удобрения, стимуляторы роста растений, улучшители почв — короче говоря, агрохимикаты. Единственное широкомасштабное применение гуминовых веществ в промышленности — в качестве компонентов бу-

рильных жидкостей при нефтедобыче. Когда-то это были хорошо известные угольно-щелочные реагенты, разработанные технологами Института горючих ископаемых (ИГИ). Но сегодня искусственные ПАВ почти полностью вытеснили их из производственного процесса. Нефть стала настолько дорогой, что теперь оправдано применение ПАВ, хоть и с высокой себестоимостью, но более специфичных.

Есть причина, по которой сфера применения гуминового сырья практически не расширяется. Дело в том, что до сих пор нет общепринятых критериев его качества. А между тем они нужны, чтобы «узаконить» различия в строении и свойствах гуминовых веществ.

Почему гуминовые вещества из разных источников имеют разные свойства? Это связано со спецификой состава биомассы, из которой они образуются, и условиями гумификации. Так, основные составляющие — это лигнин (сложная смесь ароматических соединений), липиды (алифатические соединения), целлюлоза (полисахарид) и белки. При этом все эти вещества разлагаются с разной скоростью. Быстрее всех белки, потом — липиды, целлюлоза и самым последним — лигнин.

Отсюда ясно, что в различных природных условиях формируются совсем разные гуминовые вещества. Если расположить основные источники в порядке возрастания количества ароматики (трудноразложимый углерод) и уменьшения алифатики (более доступный для разложения углерод), то получится следующий ряд: компост < торф < сапропель < уголь (рис. 1). Поэтому гуминовые вещества в компосте — это свежая органика, в которой очень много угле-



1
Тип биомассы и состав гуминовых ресурсов



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

водов и липидной алифатики. Самых гуматов там немного – около 20%. По мере движения от компоста к углю в составе все больше ароматики, устойчивой к биоразложению. В угле самая большая степень превращения органики, это практически один конденсированный углерод. Окисленный бурый уголь из коры выветривания (леонардит) – самое благодатное сырье для добычи гуматов, их там до 85%. Да и получать их оттуда очень просто: леонардит растворяется в концентрированной щелочи, как сахар в воде. Остается только высушить полученный раствор, и практически безбалластный гумат готов. Из торфа и сапропеля получают безбалластные гуматы гораздо сложнее и дороже. Во-первых, там гуминовых веществ до 40%. Во-вторых, нужны дополнительные стадии доокисления (для повышения выхода гумата) и декантации (для отделения раствора от обильного твердого остатка).

Поскольку в природном синтезе при образовании гуминовых веществ активно участвует кислород, то неудивительно, что по своему химическому строению они гораздо сложнее нефти! Сейчас нет реального способа разделить содержащиеся в них вещества, нет даже четкого понимания состава гуминовых веществ на молекулярном уровне. Соответственно полуэмпирическими остаются и критерии качества гуминовых веществ.

На самом деле современная ситуация в науке и практике гуминовых веществ весьма похожа на химию нефти в первой половине XIX века — до изобретения способа ее разделения. В то время сырую нефть использовали для освещения в уличных фонарях, а также мазали ей раны. Общая добыча нефти в 1850 году не превышала 300 тонн. Только после появления ректификационной колонны, которая позволила разделить нефть на более узкие фракции, стала очевидной правота Д.И. Менделеева, что это вещество жалко сжигать. Разгонка нефти на фракции превратила ее в стратеги-

ческий ресурс, колоссально расширив сферу применения (см. схему разделения нефти). Нефтью по-прежнему топят, сжигают ее в двигателях внутреннего сгорания, а также получают из нее огромное количество исходных веществ, на которых базируется современная большая химия. Кстати, мы просто сжигаем в котельных и электростанциях 60% нефти, 30% идет на моторное топливо и только 10% — на нужды химической промышленности.

Сейчас на смену нефтяному буму пришел бум биомассы – возобновляемого биогенного сырья. Вполне закономерно, что именно концепция нефтеперерабатывающего завода (oil refinery) стала прообразом для создания биомассо-перерабатывающих заводов (biorefinery). С тем только различием, что в роли ректификационной колонны выступают микроорганизмы и белки-катализаторы, которые «разбирают» биомассу на кирпичики и конвертируют эти составляющие в новые продукты. Это очень сложный и пока еще дорогой процесс, но в этом направлении трудятся лучшие умы человечества, и нет никакого сомнения в том, что скоро произойдет прорыв в этой области. Впечатляющие перспективы освоения химии биомассы наглядно демонстрирует карта потенциальных продуктов – результат труда коллектива авторов из трех Национальных лабораторий Департамента энергетики США (см. схему разделения биомассы).

Как любое нововведение, замена нефти на биомассу имеет сторонников и противников. Сторонники упирают на то, что биомасса – возобновляемый ресурс и можно тратить его сколько угодно. А противники отвечают, что для выращивания биомассы нужны плодородные земли, и если вместо продуктов питания «растить» бензин, то это неминуемо приведет к подорожанию пищи.

В спорах о биомассе мы совсем забыли про гуминовые вещества. А где же их место? В том-то и дело, что пока нигде. Несмотря на гигантские ресурсы этой не зеленой, а «коричневой»

биомассы, о ней никто не вспоминает. Потому что гуминовые вещества еще сложнее, чем биомасса, – и химическая наука только-только делает первые шаги в их изучении (см. «Химию и жизнь», 2008, □ 1).

Действительно, если в нефти содержится порядка тысячи соединений, то новейшие исследования гуминовых веществ методом масс-спектрометрии ионного циклотронного резонанса показали, что в составе гуминовых веществ — более ста тысяч соединений. Правда, определить мы можем пока не более десяти тысяч из них. Тем интереснее распутывать эту химическую загадку. На практике это означает, что если мы научимся фракционировать гуминовые вещества так же, как нефть, то получим обширную палитру органических соединений, причем кислород-содержащих.

Дело в том, что основное отличие гуминовых веществ от нефти — высокое содержание в них кислорода (30–40% по массе). А это означает, что химические превращения, с помощью которых сейчас получают кислоты и фенолы из нефти, окажутся лишними. Например, появится возможность получать в огромном количестве готовые ароматические оксикислоты, которые пока еще синтезируют путем карбонизации фенолов.

Единственный на сегодня промышленный продукт — гумат – это полупродукт, модификация которого может положить начало новой «малой» химии. А когда гуминовые вещества научатся фракционировать, для них начнется большая химия: можно будет получать нетоксичные и биосовместимые биопластики, фенолы или специальные хемикаты – хелаты, дисперсанты, флокулянты, а также многое другое.

Вернемся к XIV конференции. Впервые в программу вошли темы «Молекулярный дизайн», «Промышленное производство» и «Инновационное применение». Предыдущие конференции (за исключением конференции в 1990 года, темой которой были гуминовые вещества в сельском хозяйстве и медицине) были посвящены гуминовым веществам в окружающей среде, а также их роли в биосфере. Российская конференция впервые отважилась на технологии. И

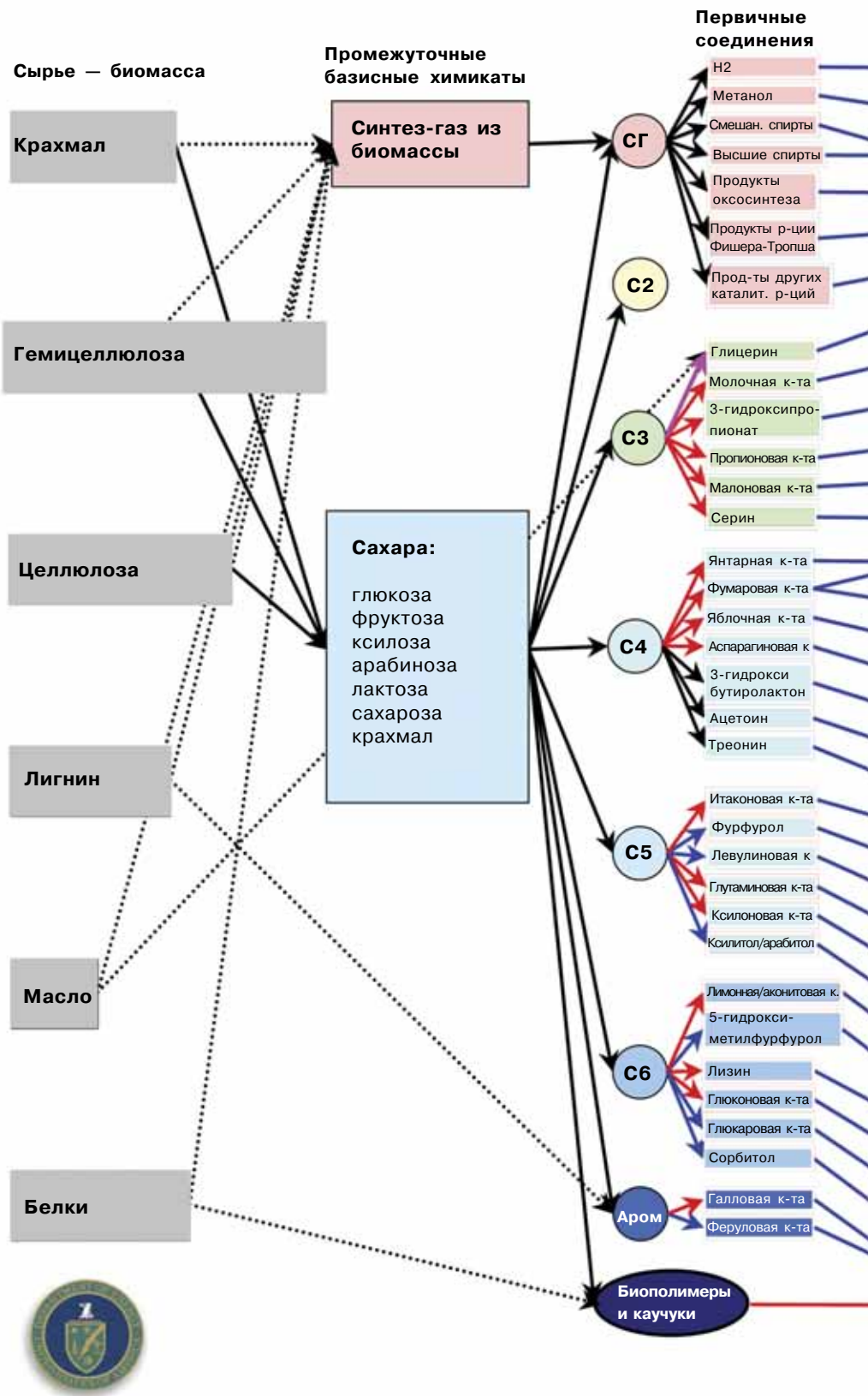
всем сразу стало понятно, что наука нужна производству не менее, чем производство – науке. Без науки гуматы навсегда останутся в сфере сельского хозяйства, а без заказа от бизнеса гуминовая наука навсегда останется кабинетной, оторванной от практических нужд.

Какие же направления должны дать прорыв к гуминовым технологиям? В первую очередь, как уже упоминалось, это разработка методов фракционирования гуминового сырья. Пока готовой технологии нет, но есть разные предложения. Например, в качестве растворителя подошел бы сверхкритический аммиак или ионные жидкости. Потому что разделять гуминовые вещества надо не по температуре кипения, как нефть, а по градиенту полярности. Есть и другая идея: перерабатывать гумусосодержащие материалы с помощью пиролиза, не переводя в жидкую фазу. Получается, мы их декарболируем, CO_2 улетает, остается фенольная компонента. Один из самых перспективных способов – механохимия. Все гуминовое сырье твердое, поэтому можно попробовать его измельчить и физически отделить одни частицы от других – например, лигнин от целлюлозы.

Еще одно направление – то, чем занимается наша группа на химфаке МГУ. Это не фракционирование, а направленная модификация гуминовых веществ. Если ввести в каркас молекулы нужную группу, то матрица даст биосовместимость и нетоксичность, а группа – необходимые свойства. Так можно уйти от структурной гетерогенности гуматов – синтезировать гуминовые производные с заданными свойствами.

Практическому применению на конференции уделили очень много внимания (рис. 2). Собственно, до конференции даже было ощущение, что пора уже повернуть науку о гуминовых веществах в практическую плоскость. Однако на поверку оказалось, что, с одной стороны, у нас есть широчайший спектр потенциальных областей применения, а с другой – разработки новых технологий находятся на зачаточном уровне. Чтобы расширить область практического применения гуминовых веществ, надо сделать еще очень многое. И что именно – наконец-то сформулировали в резолюции конференции, которую приняли впервые за всю историю общества (подробнее ее можно посмотреть на сайте XIV конференции МГО www.ihss-14.humus.ru).

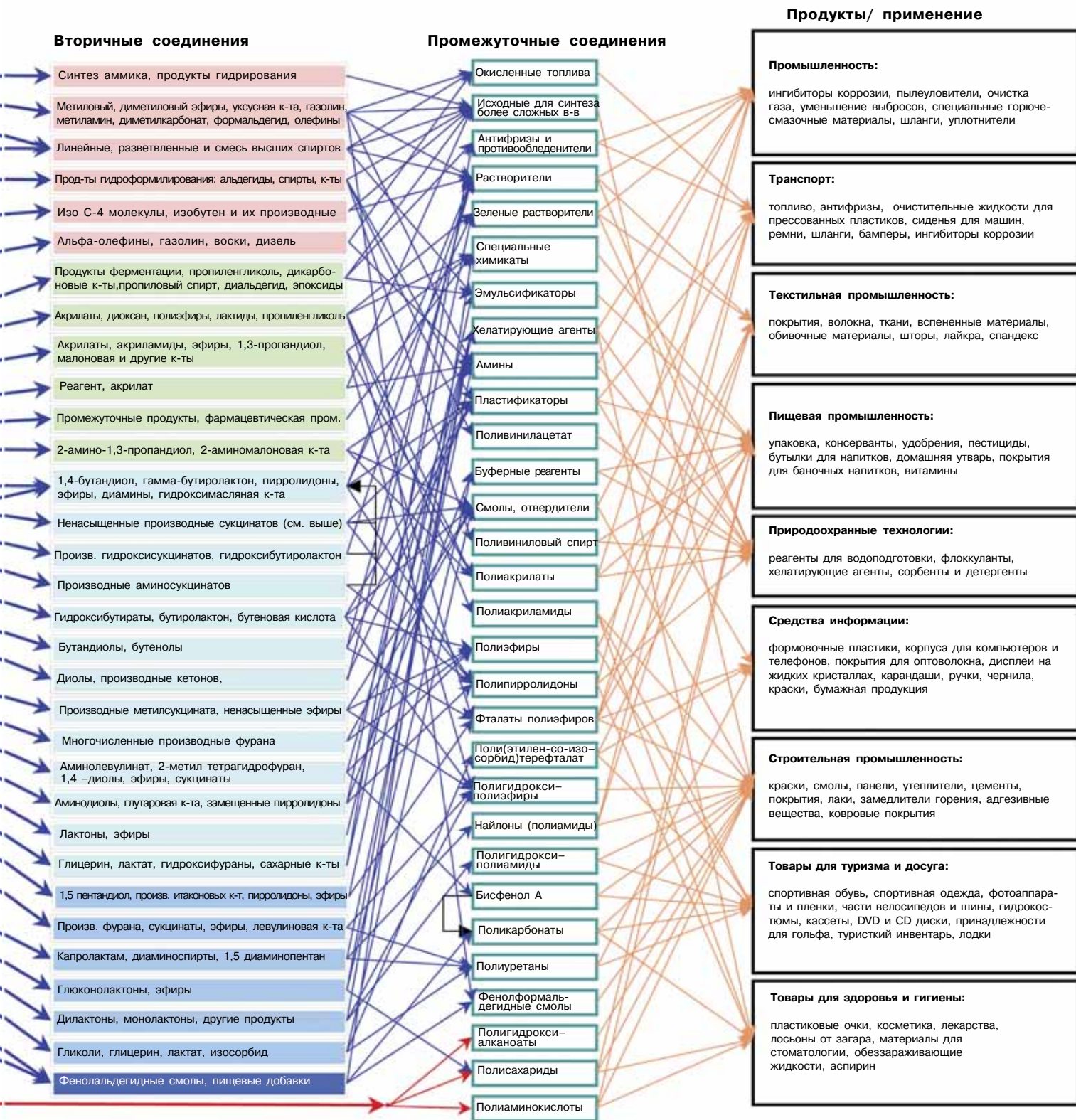
Резолюция подчеркнула, что во-первых, недостаточно изучен структурный состав гуминовых веществ – ведь это сотни тысяч компонентов. А потому нет критериев качества и унифицированных методик анализа.



Во-вторых, нет даже данных о запасе гуминового сырья, мы только приблизительно знаем, сколько его. А его еще надо классифицировать. Ведь гуматы имеют совсем разные свойства в зависимости от того, откуда получены. Нельзя сказать, что гуматы из торфа лучше, чем гуматы из угля. Они не лучше и не хуже – они другие, и у них должны быть разные области применения.

Гуматы торфа обогащены углеводами, поэтому они гидрофильны и очень хороши для всего, что связано с медициной. Напротив, гуматы из углей можно использовать как угольно-щелочные реагенты для бурильных жидкостей. В то же время те и другие хороши как улучшители почв.

В-третьих, надо подробнее исследовать состав и структуру этих веществ с



C2-C6 — количество атомов углерода в молекуле

использованием новейших методов, их реакционную способность.

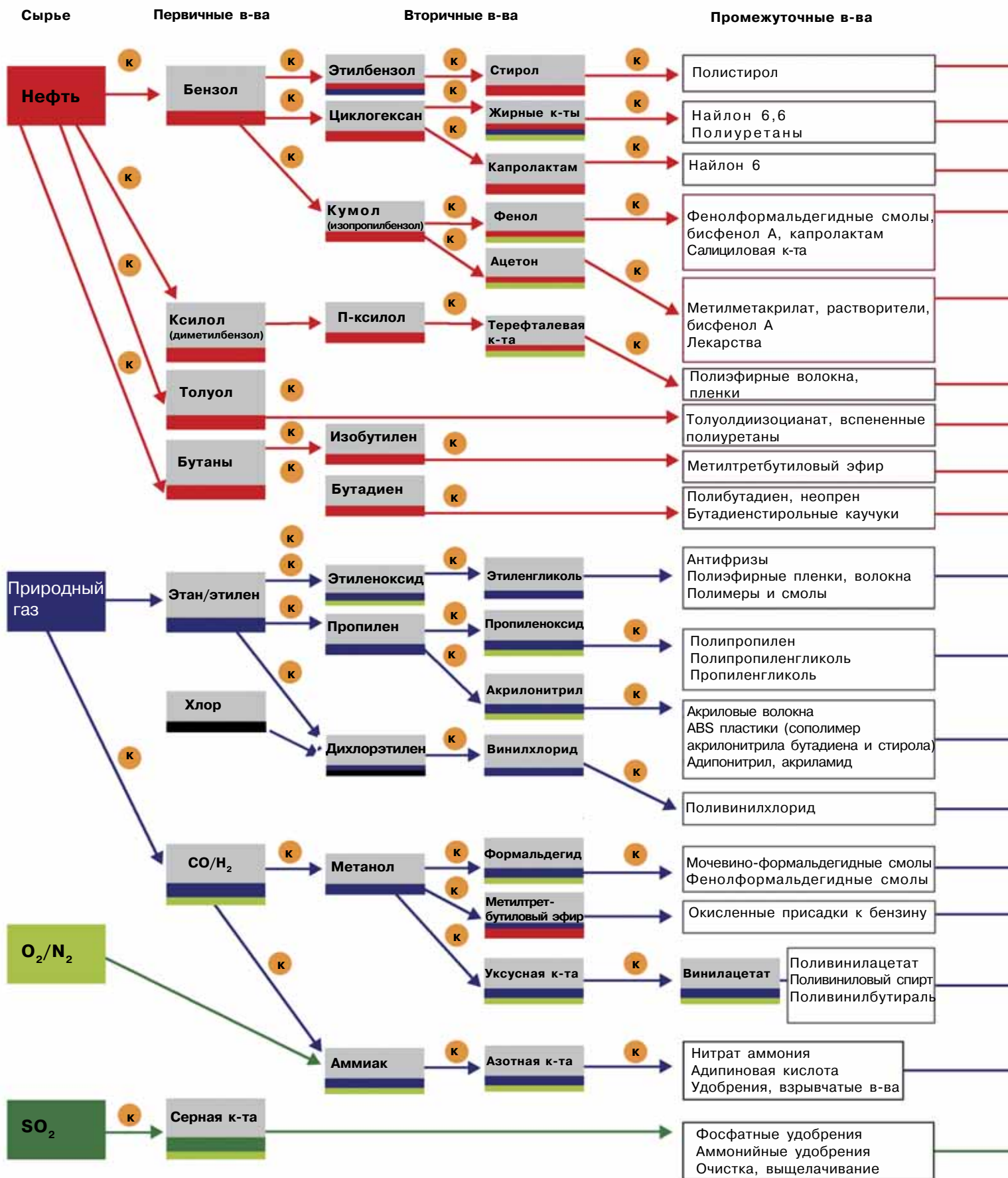
Еще одно важное направление работы — изучение механизмов биологической активности гуминовых веществ на молекулярном уровне. Защитное действие этих соединений доказано для растений, а воздействие на другие живые организмы мало исследовано.

Зато хорошо известно, что гуминовые

вещества помогают восстановить нарушенное равновесие в природе. Например, когда разливается нефть, ее сначала убирают механически, потом вводят микроорганизмы. Но последние никогда не «доедают» нефть дочиства — всегда остается загрязнение, которое уже ничем не снимается. Вот там и нужны гуминовые вещества. После их внесения загрязненная зона становится жи-

вой средой обитания, которая колонизируется естественной микрофлорой. Везде, где нужно сделать последний шаг к жизни, нужны гуминовые вещества. Это касается не только нефти, но и любых загрязнений. Однако эта ниша пока совсем не занята.

Ну и наконец, раздел по химии гуминовых веществ отсутствует в современных учебниках органической химии. А



ведь с обучения специалистов начинается любая отрасль.

Вот такое обширное поле деятельности открывается в этой области.

Нужно только признать, что гуминовые вещества — важнейший потенциальный источник биогенного сырья для химической индустрии. Тогда потен-

циал гуминового сырья будет реализован.

При этом нельзя не сказать, что решение проблемы гуминового сырья — это

Конечные продукты и товары

Текстильная промышленность:

покрытия, волокна, ткани, тканевые покрытия (гортекс), вспененные материалы, обивочные материалы, шторы, лайкра, спандекс

Пищевая промышленность:

упаковка, консерванты, удобрения, пестициды, бутылки для напитков, домашняя утварь, витамины

Транспорт:

покрытия, антифризы, формовочные пластики, присадки к бензину, сиденья автомобилей, ремни и шланги, стеклоочистители, бамперы

Строительная промышленность:

краски, смолы, панели, утеплители, цементы, покрытия, лаки, замедлители горения, адгезивы, ковровые покрытия

Товары для туризма и досуга:

спортивная обувь, спортивная одежда, фотоаппараты и пленки, части велосипедов и шины, гидрокостюмы, кассеты, DVD и CD диски, принадлежности для гольфа, туристский инвентарь, лодки

Средства информации:

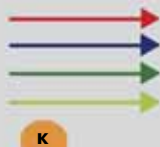
формовочные пластики, корпуса для компьютеров и телефонов, покрытия для оптоволоконна, дисплеи на жидких кристаллах, ручки, карандаши, чернила и краски, бумажные изделия

Товары для здоровья и гигиены:

пластиковые очки, косметика, детергенты, лекарства, лосьоны от загара, материалы для стоматологии, обеззараживающие жидкости, аспирин

Продукты из нефти
Продукты из натурального газа
Продукты из SO₂
Воздух

Каталитический процесс



Схемы взяты из обзора «Top Value Added Chemicals from Biomass», сделанного по заказу U.S. Department of Energy (www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf)



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



2
Возможные применения гуминового сырья

истине неисчерпаемый источник, поскольку лигнин — крупнотоннажный отход целлюлозно-бумажных комбинатов, всех гидролизных заводов и заводов по производству биотоплива. А сегодня всего два основных способа утилизации лигнина: это его сжигание или окисление до гуминоподобных продуктов. Сжигание лигнина не намного отличается от топки ассигнациями, а вывозить на поля гуминоподобные продукты — то же самое, что использовать для этой цели гумат. Вот и получается, что круг замкнулся: реализовать безотходное производство биотоплива невозможно без решения проблемы лигнина.

Только научившись разделять и модифицировать целлюлозо-лигнинный и гуминовый комплексы и получать из них продукты, мы сможем сказать, что наступила эра биомассы в химической индустрии.

Что еще можно почитать:

T.Werpy, G.Petersen, A.Aden, J. Bozell, J. Holladay, J. White, Amy Manheim, Top Value Added Chemicals from Biomass. т.1, 2004, www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf.

A.J.Ragauskas, C.K.Williams, B.H.Davison, G.Britovsek, J.Cairney и др. The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. Science, 2006, 311, 484-489.

и решение другой вековой проблемы — куда девать лигнин. Ведь продукт окисления лигнина так и называется — «гуминоподобные вещества». Следовательно

но, всю химию, разработанную для гуминовых веществ, можно будет применить для утилизации лигнина и продуктов его окисления лигногуматов. Это по-



Нобелевскую премию 2008 года по химии получили Осаму Симомура (Япония), Мартин Челфи и Роджер Циен (США). Они подарили человечеству флуоресцентные белки, с помощью которых можно заставить светиться самые разные живые объекты, от клеточных структур до целого животного.



Е.Клещенко

Прекрасный свет медузы

Медузы рода экворея впервые явили себя мировой науке в 1761 году. Датский военный корабль вез из Копенгагена в Смирну ученых, одним из которых был шведский натуралист Петер (Пер) Форскол. В Северном море он поймал небольших медуз, заспиртовал несколько штук и записал в дневнике: «При раздражении и гибели светятся». А почему они светятся, оставалось загадкой до середины XX века.

Путь в науку у Осаму Симомуры был нелегким: Вторая мировая война помешала ему завершить образование, а в 1945-м его семья жила в префектуре Нагасаки, и после ядерного удара будущий лауреат на несколько недель ослеп. Тем не менее в 1955 году он стал ассистентом профессора Ясимаса Хираты в университете Нагоя. Профессор сразу поручил ему сложное задание. Во время войны японцы использовали в качестве локального источника света порошок из «морского светлячка» *Vargula hilgendorffii* (он же *Cypridina hilgendorffii* — рачок с двустворчатой раковиной, похожий на моллюска): размоченный в воде, он ярко светился. Американская исследовательская группа ранее не смогла выделить из этого порошка светящееся вещество, а вот молодому японцу это удалось уже в 1956 году. Он получил кристаллический люциферин — субстрат фермента люциферазы, ответственного за свечение. (Сейчас его называют варгулином.)

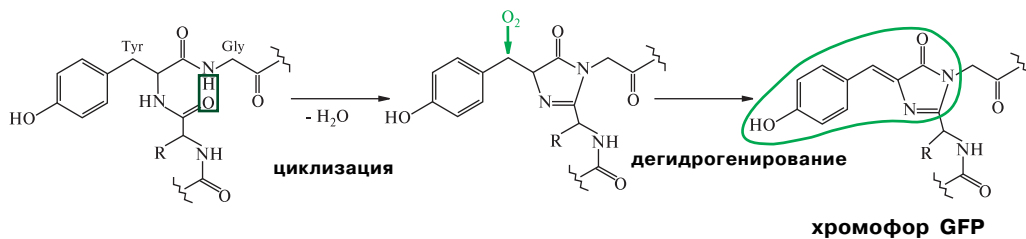
После этого Симомуру пригласили в Принстонский университет. В США Симомура и Фрэнк Джонсон начали исследование другого объекта — медузы из того самого рода экворея (*Aequorea victoria*). Они обрезали светящиеся края зонтика медуз и в полученном из них экстракте обнаружили белок люциферазу, который ярко светился в присутствии ионов кальция. Белок называли экворинном. Однако свечение экворина было синим, а не зеленым, как у живой медузы.

Здесь начинается история GFP — зеленого флуоресцентного белка (англ. green fluorescent protein). Его

впервые получили Симомура и Джонсон, и они же отметили, что этот белок — слегка зеленоватый при солнечном свете, желтоватый при электрическом освещении и флуоресцирует зеленым в ультрафиолете. Впоследствии выяснилось, что GFP поглощает не только ультрафиолет, но и синий свет. Он-то и превращает синее свечение экворина в зеленый свет медузы, некогда замеченный Пером Форсколом. (Напомним, что испускание света после поглощения света с другой длиной волны называется флуоресценцией; это разновидность фотолюминесценции, в отличие от хемилюминесценции, которую демонстрируют люциферазы.)

В 70-е годы Симомура описал молекулярный механизм флуоресценции GFP. За поглощение и испускание света отвечает хромофор — особый участок молекулы. Таким образом, чтобы белок засветился, не нужны ни добавки вроде тех же ионов кальция, ни специальные субстраты, как люциферины у люцифераз: только сам белок и ультрафиолетовая подсветка.

Этот факт привлек внимание второго лауреата, Мартина Челфи, который исследовал нервную систему круглого червя *Caenorhabditis elegans*. Для специалистов по биологии развития это существо — все равно что дрозофила для генетиков: полупрозрачный червячок длиной в миллиметр, состоит ровно из 959 клеток и настолько хорошо изучен, что лучшей модели для изучения биологических процессов, протекающих во времени, не придумаешь. У



Белок GFP сам обеспечивает свое свечение. Волнистыми линиями отмечены концы трипептидного фрагмента — короткого участка белка, который превращается в хромофор (обведен зеленым)

Частицы ВИЧ на мембране лимфоцита в культуре. Изображение получено на сканирующем электронном микроскопе (автор: С. Goldsmith, CDC)



СОБЫТИЕ

Челфи возникла идея: если ген GFP прицепить в ДНК нематоды, «в хвост» какому-либо гену, то с этого гена будет считываться белок с «фонариком» на конце. И все участки тела такой трансгенной нематоды, в которых активировался данный ген (то есть пошел синтез определенного белка), засветятся зеленым. Просто мечта исследователя!

Но чтобы реализовать эту мечту, нужен был ген GFP. Этот ген отыскал в геноме медузы Дуглас Прешер (Институт океанографии в Массачусетсе), а студентка Челфи Гия Ойскирхен сумела ввести его в кишечную палочку. К восторгу исследователей, бактерии при УФ-подсветке начали флуоресцировать. Зеленый белок действительно был согласен «светить всегда, светить везде». Удался и эксперимент с нематодой: в 1994 году светящийся червь, полученный Челфи с коллегами, попал на обложку журнала «Сайенс».

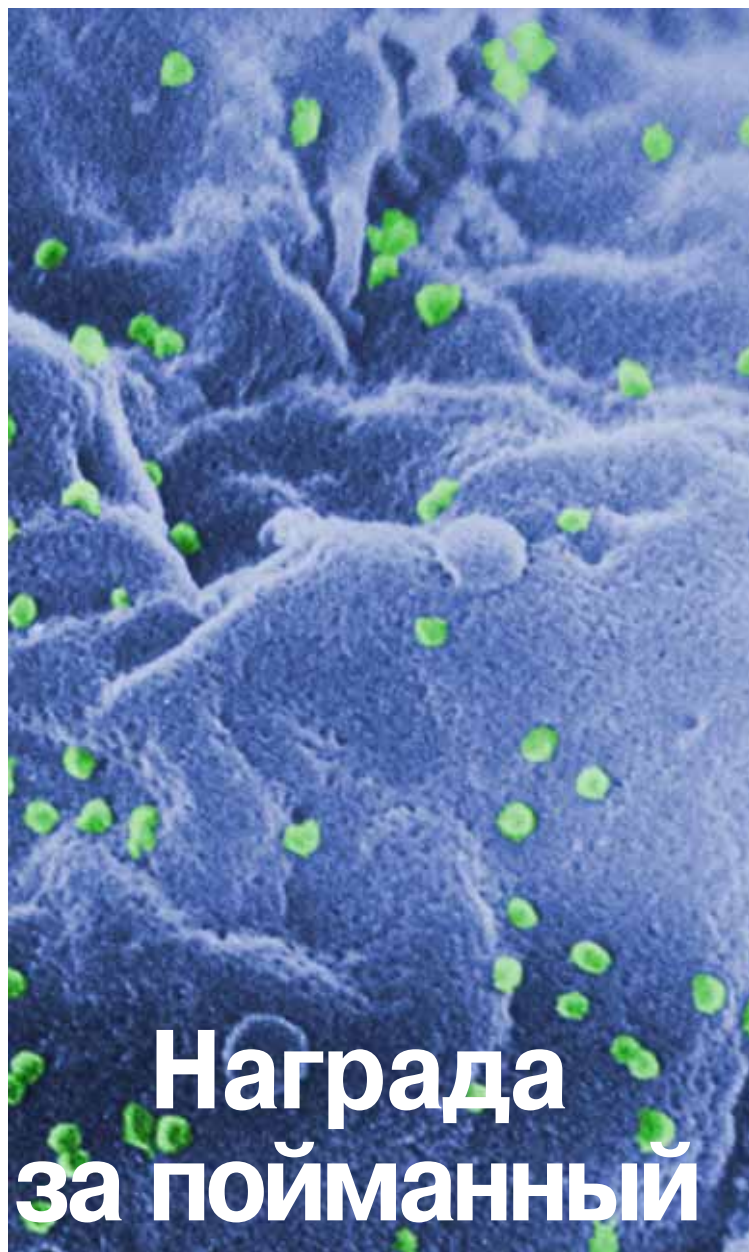
Открывающиеся перспективы были сияющими во всех смыслах слова. Прицепить к белку «фонарик» — и станет видно, где и когда этот белок синтезируется, в какие участки отдельной клетки направляется. Фактически это был переворот в биологии и медицине.

Но ученые, как известно, всегда хотят большего. Хорошо с помощью GFP изучать нематоду, она почти прозрачная. А как бы найти белок, свет которого проникал бы сквозь ткани высших организмов? Понятно, что для этого лучше всего подойдет красный свет. Кроме того, светящиеся метки двух цветов — это информация одновременно о двух белках.

Путь к разноцветным флуоресцентным меткам проложил Роджер Циен. Он установил, что хромофор GFP образуется при взаимодействии трех его аминокислотных остатков в положениях 65—67 (см. рис.). А затем с помощью генной инженерии стал получать новые, искусственные белки — аналоги GFP, которые светились бы другими цветами. Ему удалось добиться бирюзового, синего и желтого свечения.

А вот красные флуоресцентные белки, как справедливо отмечает пресс-релиз Нобелевского комитета, нашли «Mikhail Matz and Sergei Lukyanov, two Russian researchers». Конечно, на самом деле в этом участвовало куда больше двух русских исследователей. О том, как флуоресцентные белки самых разных цветов обнаружили в кораллах и других морских организмах, как под руководством С.А. Лукьянова была создана российская биотехнологическая компания «Евроген», которая снабжает флуоресцентными метками ученых всего мира, мы писали три года назад (см. «Химию и жизнь», 2005, □ 8). Статью Михаила Матца, ныне работающего в США, читатель найдет в этом номере. И посвящена она загадке GFP, которая так и осталась неразгаданной: зачем у морских животных в ходе эволюции возникла флуоресценция? Ясно, что ученым светящийся белок очень нужен, но для чего он медузе и другим животным?

Сегодня у нас есть флуоресцентные белки всех цветов радуги, и сфера их применения очень широка. Передний край биологии и медицины, в том числе онкологии, биосенсоры для обнаружения ядовитых и взрывчатых соединений, разведение светящихся аквариумных рыбок данио, первых трансгенных животных, которых может купить любой желающий... В общем, тот самый случай, когда высокая наука еще и очень красива.



Награда за пойманный вирус

Е. Клещенко

Нобелевская премия по медицине досталась троим исследователям. Половину премии получил Харальд цур Хаузен (Германия), установивший роль вируса папилломы в развитии рака шейки матки, другую половину разделили между собой Франсуаза Барре-Синусси и Люк Монтанье (Франция) — первооткрыватели вируса СПИДа.

Чтобы стало понятно, какую пользу человечеству принесло открытие Харальда цур Хаузена, начать придется с грустного. Рак шейки матки — второй по распространенности «женский» рак на планете, чаще встречается только рак молочной железы. Ежегодно этот диагноз ставят 500 000 женщинам, и 250 000 умирают от этого вида рака. Страшно и то, что он поражает сравнительно молодых женщин, от 20 до 44 лет. Частота встречаемости рака шейки матки в развивающихся странах примерно на порядок выше, чем в развитых, и причина этому — не только недостатки ме-

дицины, плохое питание и сниженный иммунитет, но и сексуальная непросвещенность. Ведь эта болезнь, как теперь доказано, передается половым путем.

То, что фактор риска для рака шейки — активная половая жизнь, известно давно. Еще в XVII веке итальянский врач Барнардино Рамазини отмечал отсутствие рака именно этого типа у монахинь. Для медицины XX века естественно было задать вопрос: а не относится ли данное заболевание к инфекционным? Кстати, напомним, что представление о роли вирусов в развитии опухолей впервые сформулировал Л.А.Зильбер в 1940—1944 гг. (см. «Химия и жизнь», 2005, □ 12).

В 70-е годы, когда Харальд цур Хаузен начинал исследования, принесшие ему Нобелевскую премию, главным «подозреваемым» был вирус простого герпеса, который как раз передается половым путем и способен вызывать различные виды рака. Цур Хаузен сначала попытался провести гибридизацию *in situ*, чтобы обнаружить ДНК вируса герпеса в клетках опухолей шейки матки. Однако это ему не удалось, хотя метод отлично сработал с другим опухолеобразующим вирусом, Эпштейна — Барр (он тоже принадлежит к семейству герпесвирусов). Тогда ученый предположил, что настоящий виновник — папилломавирус. Было известно, что он вызывает кожные генитальные бородавки, передается половым путем и принадлежит к группе онкогенных ДНК-вирусов. Цур Хаузен высказал мнение, что геном вируса может встраиваться в клеточную ДНК и в таком «скрытом» состоянии существовать какое-то время. При этом не образуются новые вирусные частицы, и обнаружить инфекцию можно только с помощью анализа ДНК.

В 1974 году цур Хаузен опубликовал первые результаты, которые казались скорее отрицательными. Он получил РНК, комплементарную ДНК папилломавируса из бородавок. Если бы в пробе наблюдалась гибридизация с этой РНК, это означало бы, что в пробе присутствует ДНК папилломавируса. Гибридизация шла в образцах из обычных бородавок, но не из опухолей. Однако вскоре в клетках предопухолевого образования шейки матки были обнаружены вирусные частицы, и это подтвердило гипотезу цур Хаузена. Быть может, группа папилломавирусов гетерогенна, в опухолях и бородавках присутствуют разные вирусы?

Группа цур Хаузена упорно получала все новые образцы ДНК папилломавируса из различных источников, используя уже имеющиеся образцы в качестве «зондов»: ведь при некоторых условиях возможна нестрогая гибридизация, но только с нитями, в точности комплементарными, но и с похожими по последовательности «букв»-нуклеотидов. Ученые один за другим идентифицировали подтипы вируса, которые нумеровали по мере обнаружения. Первым генитальным папилломавирусом был шестой по счету, HPV6 (от human papilloma virus). Но он обнаруживался в «нестрашных» образованиях, таких, как остроконечные кон-

диломы. А главные злодеи, как выяснилось уже в 80-е, — HPV16 и HPV18. Именно их сейчас называют «вирусами высокого риска».

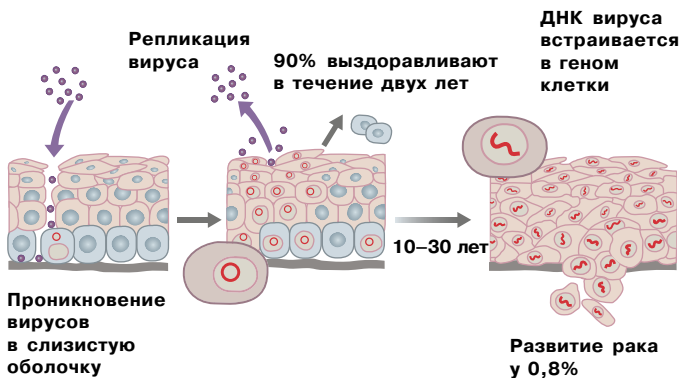
Основная заслуга цур Хаузена и его коллег — клонирование геномов опасных подтипов и доказательство их роли в развитии рака шейки матки. Десятилетия исследований позволили подробно восстановить картину заболевания (см. рис.) Через повреждения слизистой оболочки вирус добирается до базальной пластинки — слоя стволовых клеток, порождающих новые клетки эпителия. В зрелых клетках он, как и положено вирусу, размножается, новые частицы покидают клетку и отправляются на поиски новых жертв. Но вирус может и остаться в клетке, причем синтезируются только его «ранние» белки, обозначаемые буквой E (early). Опухолевое перерождение происходит, в частности, из-за белков E6 и E7. Они инактивируют клеточные онкосупрессоры p52 и pRb — белки, в норме препятствующие опухолевому преобразованию. Особенно опасно, когда вирусная ДНК существует не сама по себе, в виде колечка-эписомы, а встраивается в хромосому клетки.

Между первичной инфекцией и развитием онкозаболевания могут пройти десятки лет. Папилломавирусами в различных регионах инфицированы от 50 до 80% людей, ведущих половую жизнь, причем переносчиками могут быть и мужчины и женщины. (А страдают, как читатель уже понял, в основном женщины. Впрочем, вирусы высокого риска обнаружены также в опухолях гортани и прямой кишки, и эти виды рака не «привязаны» к полу.) На ранних стадиях зараженные не испытывают неприятных ощущений, поэтому многие из них обращаются к врачу, когда заболевание зашло далеко и помочь трудно... Не пора ли переходить к хорошим новостям?

Во-первых, сама по себе инфекция — не приговор. У большинства инфицированных она проходит бесследно. По данным Харальда цур Хаузена с коллегами, даже среди тех, кто заражен HPV16 и 18, у 90% вирус исчезнет в течение двух лет. Наша иммунная система — очень серьезное оборонительное оружие. (А отсюда ясно, что дополнительными факторами риска будет все, что ослабляет иммунную систему: курение, неправильное питание, другие инфекции, вполне возможные при беспорядочной половой жизни.) Рак развивается лишь у 1—3% зараженных, тяжелые формы — менее чем у одного процента. Конечно, тех, кто пополнит собой «плохую» статистику, это не утешит. Но есть и «во-вторых»: лучшее лечение — это профилактика.

В развитых странах запущенные формы рака шейки матки встречаются крайне редко, потому что там налажена система цитологического контроля. Так называемый тест Папаниколау, он же ПАП-мазок, позволяет диагностировать изменения клеток на очень ранней, предраковой стадии. Этот анализ делают и во многих крупных городах России, но услуга это платная, и даже многие столичные жительницы ничего о ней не знают либо не считают нужным ей пользоваться... Если же результат покажется подозрительным, можно сделать анализ вирусной ДНК (и здесь мы снова вспомним добрым словом немецких исследователей), определить подтип вируса и оценить степень риска. А там уже врач дает рекомендацию: наблюдение за подозрительным участком либо его хирургическое удаление. Маленькая операция, как известно, лучше большой, а в онкологии — особенно. Вообще-то врачи рекомендуют проходить подобные обследования всем женщинам старше 35, а уж тем, у кого хоть раз мелькнули в анализах буквы HPV, — обязательно: кто знает, на какие штуки способен коварный вирус. Но для России это пока недостижимый идеал.

В-третьих, если известна причина болезни, можно надеяться, что будут и лекарства. Уже прошли испытания и выпущены на рынок первые профилактические вакцины от ком-



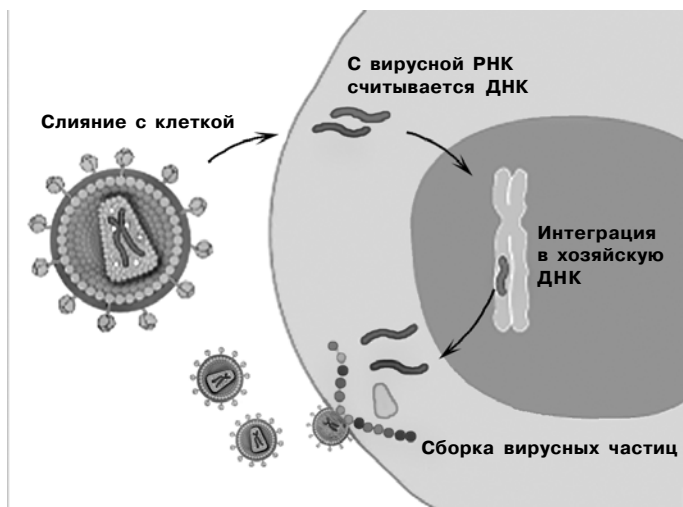
Так развивается папилломавирусная инфекция

паний «Merck» и «GlaxoSmithKline». Они содержат белки вирусного капсида и формируют у привитых иммунитет к вирусу (правда, пока не известно, сохранится ли он навсегда или со временем ослабеет). Такие препараты не дадут заразиться тем, кто еще не инфицирован, и это огромное достижение. «В России регистрируется более 12 тысяч случаев рака шейки матки в год, и 7700 женщин ежегодно (то есть 21 женщина ежедневно) умирают от этой болезни. В случае введения вакцины можно ожидать, что рак шейки матки исчезнет из эпидемиологических сводок», — вот как писали об этом в журнале «Природа» (2007, □ 2) Ф.Л.Киселев и С.А.Боринская. Но чтобы помочь тем, кто уже заразился папилломавирусом, нужны вакцины терапевтические, и, возможно, они появятся в ближайшем будущем (см. статью в этом же номере).

А как насчет вакцины против ВИЧ?

История борьбы человечества со СПИДом драматична и непроста. В 1981 году в Калифорнии и Нью-Йорке впервые был описан новый, неизвестный прежде синдром. Американский Центр контроля заболеваний (CDC) дал ему название «синдром приобретенного иммунодефицита». У больных резко уменьшалось число CD4+ Т-лимфоцитов, а также антиген-презентирующих клеток (макрофагов). В результате практически здоровые люди умирали от инфекций, причем зачастую их убивали микроорганизмы, в норме не опасные для человека. Непосредственной причиной смерти могли быть воспаление легких, злокачественные опухоли (прежде всего такие, которые вызываются вирусами: саркома Капоши, лимфома, папилломавирусные раки). Число заболевших быстро увеличивалось, уже в 1982 году стало ясно, что речь идет о пандемии и необходимы срочные меры.

Эпидемиология болезни указывала на то, что новая инфекция передается половым путем и через кровь — при переливании крови и ее компонентов, хирургических операциях, внутривенных инъекциях, а также от матери к плоду. Способность возбудителя передаваться через фильтрованные продукты крови и поражать Т-лимфоциты позволяла предположить, что это может быть ретровирус. Генетическая информация ретровируса записана в молекулах РНК, и, когда они проникают в клетку, особый вирусный фермент, обратная транскриптаза (ревертаза) строит ДНК на матрице РНК. Другой фермент, интеграз, встра-



Вирус СПИДа оказался представителем семейства ретровирусов: его генетическая информация записана в РНК, с которой в клетке считывается ДНК



ивает эту ДНК в геном клетки, а затем клеточные молекулярные машины обслуживают сборку вирусных частиц, которые выходят наружу и заражают новые клетки. Такой вирус в самом деле мог бы избирательно «выбивать» в крови лимфоциты.

Целенаправленный поиск «диверсанта» начала группа вирусологов Пастеровского института под руководством Франсуазы Барре-Синусси и Люка Монтанье. Они выделяли лимфоциты у больных с начальными признаками иммунодефицита и затем выращивали их в культуре (что было отдельной непростой задачей). Когда в культуральной среде обнаружилась ревертазная активность, можно было считать доказанным, что возбудитель — ретровирус. Электронное микрофотографирование позволило разглядеть вирусные частицы на мембранах пораженных лимфоцитов.

К этому времени науке были уже известны и другие ретровирусы, в том числе HTLV, вызывающий лейкемию — рак крови. Логично было предположить, что новый смертельно опасный вирус — его родственник. Дальнейшие исследования показали, что у нового вируса есть общие черты с HTLV-1. Профессор Роберт Галло из Национального института здоровья США, который независимо от французских исследователей идентифицировал новый вирус, даже назвал его NTLV-III, чтобы отличить от двух других подтипов. Барре-Синусси и Монтанье назвали «свои» вирусы из разных источников LAV (от lymphadenopathy associated virus) и IDAV (immunodeficiency associated virus). А группа профессора Джея Леви из Сан-Франциско выделила похожий вирус, которому дали название ARV (AIDS-associated retrovirus). Впоследствии было установлено, что все это — один и тот же вирус из группы лентивирусов, а не онковирусов, к которым принадлежит HTLV. Иначе говоря, его ближайшими родичами оказались некоторые вирусы обезьян и других млекопитающих, а не человеческий вирус лейкемии.

В 1985 году новый вирус получил свое нынешнее официальное имя — вирус иммунодефицита человека, human immunodeficiency virus, или HIV-1 (позднее были открыты и другие подтипы). Вклад французской группы оценивался как наиболее весомый еще тогда, когда о Нобелевских премиях речь не шла. Но фактически загадку возбудителя СПИДа брало штурмом все мировое сообщество в целом.

Анализ ДНК подтвердил происхождение ВИЧ от ретровируса SIVcpz, найденного у шимпанзе Южного Камеруна. Только одна из групп ВИЧ, возможно, произошла от вируса гориллы. Первыми заразившимися людьми могли быть охотники на обезьян. «Молекулярное родословное древо» показывает, что межвидовая передача инфекции имела место не один раз, причем в первой, а не во второй половине XX века. Вирус в течение десятилетий поражал население Африки, никем не распознанный (ведь жертвы СПИДа умирают от самых разных болезней), а в США, к примеру, он попал через Гаити. Не до конца ясны причины пандемии XX века, но, судя по всему, не последнюю роль здесь сыграли и высокая изменчивость вируса, и возросшая мобильность популяции.

Строение ВИЧ и его жизненный цикл сегодня изучены

весьма подробно (см. рис.) Но увы, статья, опубликованная в «Химии и жизни» к двадцатилетию обнаружения СПИДа (2001, □ 4), в главном не устарела до сих пор. Достигнуты определенные успехи, нет недостатка в оригинальных идеях, однако ни лекарства, убивающего вирус, ни, главное, вакцины от СПИДа по-прежнему нет. Вирус, поражающий иммунную систему, делает организм беззащитным, а высокая изменчивость спасает ВИЧ от лекарств. Сейчас общее число людей, заразившихся СПИДом с начала эпидемии, превысило 60 млн., а умерло от этого заболевания 25 млн. К концу 2007 году на Земле было 33,2 млн. ВИЧ-инфицированных (около 1% всего человечества). Из них 2,5 млн. были инфицированы в течение года, а 2,1 млн. за этот же год умерли. Среди больных увеличивается доля женщин, инфицированных половым путем. Особенно тяжелая ситуация в странах Африки: девять десятых детей, зараженных СПИДом, живут именно там, на Африку же приходится три четверти смертей от СПИДа.

Однако было бы ошибкой считать, что белых людей с нормальной ориентацией проблема СПИДа не касается. Через десять лет после смерти великого фантаста Айзека Азимова (1920—1992) его родственники обнаружили тот факт, что Азимов был инфицирован ВИЧ при переливании крови после операции на сердце и это ускорило его смерть. Об отечественных прецедентах напоминать не буду, вряд ли читатели их забыли.

Но отсюда понятно и то, что усилия первопродцов были не напрасны. Пускай человечество еще не умеет лечить СПИД, диагностика и профилактика сегодня вполне возможны. В частности, исключить заражение через кровь и ее компоненты современные технологии позволяют. Кроме того, разработаны достаточно эффективные схемы антиретровирусной терапии. Некоторые препараты блокируют активность обратной транскриптазы или интегразы, другие нарушают взаимодействие вируса с клеткой. В итоге, как сказано в пресс-релизе Нобелевского комитета, «ожидаемая продолжительность жизни ВИЧ-инфицированных близка к таковой у неинфицированных». Вот только получают антивирусные лекарства сейчас 3 млн. человек, то есть менее чем каждый десятый. Лекарства дороги, жителям развивающихся стран они практически недоступны. Так что остается надеяться на вакцину. Либо на то, что выход подскажет природа.

Последнее — вовсе не шутка. Некоторые люди иммунны к ВИЧ от рождения, видимо, из-за особой комбинации генетических факторов. Механизмы врожденной устойчивости конечно же активно изучают, и это тем более интересно, что устойчивость одного может дать надежду и другим людям. Совсем недавно немецкий врач-гематолог Геро Хюттер сообщил об удивительном результате. ВИЧ-положительному пациенту в рамках лечения лейкемии пересадили стволовые клетки костного мозга от донора, который обладает врожденным иммунитетом практически ко всем штаммам ВИЧ. После этого вирус исчез из организма пациента, он прекратил принимать антивирусные препараты, и болезнь никак не проявляет себя уже более 600 дней. Пока неясно, насколько широко удастся применить такой экзотический метод борьбы со СПИДом. Но утешительно одно: неизлечимых болезней все-таки не бывает.

Нарушенные симметрии

Л.Каховский

Премию поделили американский физик-теоретик японского происхождения Йоитиро Намбу (родился в 1921 году) и его коллеги из Японии — 64-летний Макото Кобаяси и 68-летний Тосихидэ Маскава. Столь высокую оценку получили их работы по нарушению симметрий в мире элементарных частиц.

Известно, что основные уравнения физики выражают симметрии, которые определяют законы сохранения разных величин — энергии, импульса, заряда... И хотя в окружающей реальности буквально на каждом шагу встречаются асимметрии, мы склонны думать, что они вызваны какими-то приводящими обстоятельствами.

Нарушения симметрии часто связаны с коллективными, системными свойствами. Скажем, законы механики инвариантны относительно обращения времени, однако большинство процессов необратимы («стрела времени»). Статистическая физика и термодинамика учат, что их направленность обусловлена именно поведением большого числа элементов.

Как законы, отражающие симметрии, приводят к несимметричным явлениям, хорошо видно в физике твердого тела. Например, ферромагнетизм объясняют тем, что спины множества атомных электронов самопроизвольно ориентируются в одном и том же направлении, поскольку такое состояние кристалла энергетически более выгодно. Получается, что каждый из атомов кристалла обладает вращательной симметрией, а в коллективе атомов ее уже нет. Важно, что все направления возникающей намагниченности в принципе равноправны (вырождение), и выбор одного из них происходит случайно; такой эффект называют спонтанным нарушением симметрии.

(Мы сталкиваемся с ним и в обыденной жизни. Скажем, шарик, находящийся на вершине конической горки, скатывается в какую-то одну сторону, хотя сама горка симметрична. Можно вспомнить и историю про Буриданова осла.)

Другой, более сложный коллективный феномен — сверхпроводимость. Согласно концепции, выдвинутой американскими физиками Джоном Бардином, Леоном Купером и Робертом Шриффером, а также нашим выдающимся теоретиком академиком Н.Н.Боголюбовым (ОИЯИ, Дубна), при охлаждении кристалла до температуры ниже некоторой критической свободные электроны с противоположно направленными спинами попарно связываются. Эти пары (их именуют куперовскими), будучи уже бозонами, собираются в одном квантовом состоянии — возникает бозе-конденсат, который способен перемещаться по кристаллу без сопротивления.

Казалось бы, с магнетизмом тут ничего общего нет. Однако Йоитиро Намбу из Чикагского университета заметил, что один из параметров, характеризующих этот конденсат, играет роль, похожую на роль спина электрона в магнетике, и что в сверхпроводнике тоже происходит спонтанное нарушение симметрии.

Затем он обратил внимание, что, когда куперовские пары разрываются (для чего требуется внешняя энергия), электроны приобретают как бы дополнительную массу — из-за влияния кристаллической решетки их так называемая эффективная масса станет больше, чем масса обычных свободных электронов. Суть в том, что при действии одной и той же силы на тело (или частицу) оно будет, в зависимости от свойств среды, в которой находится, получать разные ускорения; это можно трактовать как изменение массы ускоряемого объекта.

И тогда Намбу пришла в голову смелая мысль: а нельзя ли подобным образом описать возникновение масс у элементарных частиц? Он предположил, что физический вакуум — сложная среда, в кото-



рой идут различные виртуальные процессы, — похож на сверхпроводник. В вакууме пары, состоящие из безмассовых частиц и их античастиц, служат аналогом куперовских пар; мы же наблюдаем возбужденное состояние вакуума, из-за чего все частицы становятся массивными.

Свой подход Намбу изложил в статье, опубликованной в 1961 году (совместно с итальянским коллегой Джованни Йона-Лазинио). В ней он перенес понятие спонтанного нарушения симметрии в совершенно другую область — физику элементарных частиц. Поистине, науку движут нетривиальные аналогии!

Нужно отметить, что основы общего подхода к анализу систем со спонтанно нарушенной симметрией заложил Н.Н.Боголюбов. Позднее представления о сходстве вакуума со сверхпроводниками и диэлектриками, о возможности фазовых переходов в нем отстаивал видный советский физик член-корреспондент АН СССР Д.А.Киржниц. Вообще, разными аспектами проблемы сверхпроводимости занимались многие отечественные ученые, и их вклад в ее разработку огромен.

Тем временем начали интенсивно развивать теории калибровочных, или компенсирующих, полей. Идея состояла в том, что физические поля как бы для того и существуют в природе, чтобы сделать симметрию уравнений более широкой — не только глобальной, но и локальной.

К примеру, наличие гравитации обеспечивает равноправие инерциальных (им отвечает глобальная симметрия — скорость не зависит от места и времени) и ускоренных систем (локальная, скорость зависит от них), поскольку поле тяготения может компенсировать влияние ускорения. Вспомним мысленный эксперимент со свободно падающим лифтом, о котором говорил Эйнштейн, — ускоренное движение лифта не прижимает человека к потолку из-за того, что силу инерции уравновешивает сила тяготения.

Так вот, в калибровочных теориях переносчики сил должны быть безмассовыми, а сами силы, следовательно, дальнотействующими. Для гравитации и электромагнетизма требование выполнялось, а для других известных взаимодействий — сильного и слабого — нет (они проявляют себя только на очень малых расстояниях).

Стремясь разрешить это противоречие, некоторые теоретики обратили взор на указанную Намбу аналогию, и в 1964 году Питер Хиггс из Эдинбургского университета сумел ее конкретизировать. Согласно придуманному им механизму, существует особое поле («поле Хиггса»), симметрия которого в наинизшем энергетическом состоянии нарушена. В такой среде переносчики взаимодействий калибровочных полей становятся массивными, поскольку на них влияют кванты поля Хиггса — гипотетические частицы, которые назвали бозонами Хиггса, или просто хиггсами.

Абдус Салам и Стивен Вайнберг в своей теории, объединяющей электромагнитное и слабое взаимодействия, воспользовались сценарием Хиггса как палочкой-выручалочкой — ведь он позволял объяснить, почему переносчики электрослабых сил W - и Z -бозоны обладают большими массами. В 1983 году предсказанные W - и Z -частицы были обнаружены, и научный мир расценил этот блестящий успех как победу всего подхода, основанного на спонтанном нарушении симметрии.

С тех пор поиск хиггсов превратился в одну из главных задач, и в значительной степени именно для ее решения в ЦЕРНе создан Большой адронный коллайдер (см. «Химию и жизнь», □ 3 за этот год). А пока гигантскую установку в Женеве доводят до ума, Нобелевский комитет решил наградить премией Йоитиро Намбу как одного из зачинателей этого направления исследований. Хотя, конечно, настоящий «момент истины» еще впереди.

Намбу родился в Токио, там же окончил университет, с 1952 года живет и работает в США. Он известен и другими достижениями. Так, он был одним из нескольких физиков, кто ввел для кварков дополнительное квантовое число (его нарекли цветом), принимающего три значения; оно играет роль заряда и определяет взаимодействие между кварками.



СОБЫТИЕ

Два других лауреата — Макото Кобаяси из научного центра в Цукубе (там расположен ускоритель КЕК) и Тосихидэ Маскава из Киотского университета занимались слабыми силами, в действии которых начиная с 50-х годов стали обнаруживать странные аномалии (см. статью Г.Г.Тахтамышева в «Химии и жизни», 1997, □ 8—9). В этой области было сделано несколько удивительных открытий, авторы которых получили высшие научные награды.

В 1957 году опыты показали, что в слабых взаимодействиях не сохраняется пространственная четность, то есть нарушается симметрия левого и правого; раньше считалось очевидным, что в мире частиц равноправие между любыми зеркально-симметричными процессами должно строго соблюдаться. Тогда предположили, что будет верна комбинированная четность, когда одновременно переходят к зеркальному отражению и заменяют частицы на античастицы. Но в 1964-м и такая гипотеза была экспериментально опровергнута.

Эти результаты потрясли ученых: неужто природа хромает на одну ногу? Как писал Намбу в своей популярной книге «Кварки» (М.: Мир, 1984), физики увидели, что по какой-то причине каркас слабого взаимодействия немного перекошен. А поскольку они не могли представить, что Создатель схалтурил, то им очень хотелось понять причины и глубинный смысл открытой асимметрии.

В середине 60-х годов появилась революционная модель кварков. Она утверждала, что все сильновзаимодействующие частицы (их называют адронами) состоят из сущностей более глубокого уровня — кварков (эту тему «Химия и жизнь» многократно освещала — см., например, 1983, □ 5; 1984, □ 11; 1985, □ 1). Частицы, не подверженные влиянию сильных (цветовых) сил, называют лептонами, и они продолжают считаться элементарными, бесструктурными; среди них электрон, мюон, разные сорта нейтрино.

Между наборами кварков и лептонов сейчас достигнуто полное соответствие: тех и других по шесть, и обе шестерки разбиты на три схожих дуплета — это как бы три поколения, отличающиеся по массам (см. таблицу). Кварки u , c , t несут электрический заряд плюс $2/3$, а кварки d , s , b — минус $1/3$.

Кварки участвуют и в цветовом, и в слабом взаимодействиях, лептоны же только в слабом. Самая известная реакция, вызванная слабыми силами, — бета-распад, когда нейтрон переходит в протон с испусканием электрона и антинейтрино: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. С учетом кваркового состава протона (uud) и нейтрона (udd) ее можно изобразить как превращение d -кварка в u -кварк: $d \rightarrow u + e^- + \bar{\nu}_e$. Как видно из таблицы, реакция идет внутри первого поколения частиц.

Но и тут физиков поджидал сюрприз. Оказалось, что в u -кварк может превращаться также аналог d -кварка из другого дуплета, то есть s -кварк (значит, протон может возникать в результате распада не только нейтрона, но и других частиц). По идее Никколо Кабиббо из Римского университета, в сильном взаимодействии каждый кварк сохраняет свою индивидуальность, а в слабом кварки с одинаковыми электрическими зарядами смешиваются — с определенными вероятностями реализует-

ся то один, то другой. Как мы знаем, квантовая механика допускает подобные смеси различных состояний.

В то время, когда Кабиббо предложил свое решение, были известны четыре лептона и три кварка (u, d, s), но в 1974 году нашли четвертый, с-кварк. Тем самым комбинирование двух поколений кварков и лептонов было завершено, а сколько всего таких поколений имеется в природе, теория ответить не могла.

Но еще годом раньше молодые физики Кобаяси и Маскава допустили существование третьего поколения и попытались выяснить, к каким последствиям это приведет. Проанализировав смешивание уже трех разных кварков (эффект Кабиббо), они сделали поразительный вывод: если есть третье поколение, то будет наблюдаться нарушение комбинированной четности в слабых взаимодействиях!

Иначе говоря, они связали загадочную асимметрию слабых сил с числом поколений кварков и лептонов. А рассуждая в обратную сторону — фактически предсказали наличие третьего поколения.

Затем свое высокое мастерство продемонстрировали экспериментаторы: в 1975 году они открыли новый лептон (тау-частицу), в 1977-м пятый кварк (b-кварк), наконец, в 1994-м — шестой кварк (t-кварк); были зарегистрированы и практически неуловимые нейтрино. Руководители этих грандиозных работ, выполненных на крупнейших коллайдерах с участием сотен физиков и инженеров, уже удостоены Нобелевской премии.

Как видим, пророчество о третьем поколении сбылось. Но среди всех фундаментальных частиц (см. таблицу) устойчивы только представители первого поколения, а остальные, более тяжелые, распадаются за время меньше 10^{-8} с. Поэтому ученых весьма занимал вопрос, какой вклад в устройство Вселенной вносят второе и третье поколения? Возникало впечатление, что если бы этих эфемерных образований вообще не было, то ничего бы принципиально не изменилось. Однако теперь крепнет убеждение, что *machina mundana* (мировая машина) лишнего шестеренок не содержит.

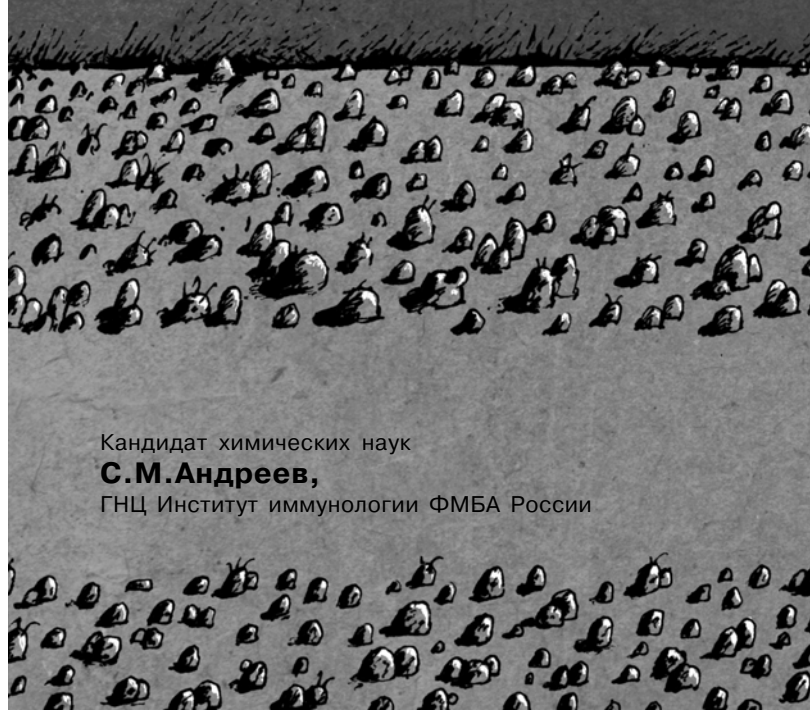
Нужно учесть, что сам космос в виде звезд, планет, макротел и частиц порожден нарушением симметрии — превалярованием мира над антимиром. Ведь если бы они были представлены одинаково, то проаннигилировали друг с другом и ничего, кроме излучения, не осталось бы. Еще Пьер Кюри сформулировал общее положение: «Необходимо, чтобы некоторые элементы симметрии отсутствовали. Это и есть та диссимметрия, которая создает явление».

Академик А.Д.Сахаров в 1967 году высказал гипотезу, что именно асимметрия слабого взаимодействия ответственна за нарушение баланса между миром и антимиром в первые мгновения после Большого взрыва. И тогда теория Кобаяси—Маскавы становится важной частью целостной картины: необходимы три поколения базовых частиц, чтобы нарушить симметрию слабого взаимодействия, а его асимметрия, в свою очередь, требуется (если Сахаров прав) для порождения организованной материи.

Итак, работы нынешних лауреатов позволили лучше понять асимметрии, таящиеся в основаниях физики. Выявлены тонкие взаимосвязи явлений и процессов, идущих на разных масштабных уровнях — от микромира до космоса. Стало ясно, что секрет гармонии природы заключается в хитроумном переплетении симметрий и их нарушений.

Но ведь наше эстетическое чувство обычно отвергает и абсолютную правильность, и полный беспорядок — чтобы создать гениальную картину или стихотворение, нужен некий сплав того и другого. И значит, искусство давно уловило то, что наука лишь начинает постигать.

Охота



Кандидат химических наук

С.М.Андреев,

ГНЦ Институт иммунологии ФМБА России

Как охотники готовятся к охоте — изучают следы, устанавливают кормушки, размещают загонщиков, ставят стрелков на линию огня, выпускают собак — так же и иммунологи, чтобы излечить организм от вируса, поэтапно готовят и направляют процесс активации иммунной системы. Первое действие — определить мишень

Мишень — белок вируса

Вирус папилломы, попав в клетки кожи проявляет себя как двуликкий Янус. Его геном может находиться в двух формах: или встроиться в хромосому клетки, или существовать в виде свободной молекулы — ДНК-эписомы. Если он встроился в клеточную хромосому, то при наличии предрасполагающих факторов происходит реализация программы его генома и вирус начинает размножаться. Пораженный участок превращается в папиллому, или бородавку. Причем порой это случается не на руке или ноге, а на слизистой оболочке в самых интимных местах человеческого тела. И если вирус принадлежит к особому подтипу, то лет через десять пораженные клетки, возможно, трансформируются в раковую опухоль.

Для своей успешной жизни вирус должен заставить клетку синтезировать несколько полезных ему белков. В частности, вирусу папилломы нужен белок L1, который идет на строительство оболочки новых вирусных частиц, а также белки E6 и E7 — они делают зараженную клетку бессмертной, это онкогенные белки.

Бороться с вирусом можно несколькими принципиально разными способами. Первый — запретить ему связываться с клетками-мишенями, второй — не дать ему в них размножаться, третий — уничтожить больные клетки вместе с вирусом. Поскольку в случае с вирусом папилломы больные клетки не содержат его в традиционном понимании — ведь после попадания в клетку от него остается одна ДНК, которая и



на вирус папилломы



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

задает синтез тех самых опасных белков, — запретить размножение нельзя. Поэтому в руках медиков остаются первый и третий способы, то есть профилактическая вакцина и терапевтическая. Недавно появился еще один — применение коротких, так называемых молчащих РНК, которые принуждают замолкнуть вирусные гены. Но движение по этому пути еще в самом начале.

Ситуация осложняется тем, что у каждого вида млекопитающих имеются свои вирусы папилломы, которые не живут в тканях других видов, а в культуре клеток вирус человека размножается чрезвычайно неохотно. В результате поиск вакцины приходится вести на мышах, а потом надеяться, что эти результаты удастся воспроизвести при испытаниях с участием добровольцев.

Большим успехом в борьбе с вирусом папилломы оказалось открытие в 1991 году интересного феномена, сделанное Чжоу Цзянем и Яном Фрэйзером, работавшими в брисбенском госпитале им. принцессы Александры, Австралия (Яна Фрэйзера в ноябре 2008 года наградили за эту работу итало-швейцарской премией фонда Бальцана в размере 1 млн. швейцарских франков. — *Примеч. ред.*). Они обнаружили, что белки L1 самопроизвольно собираются в вирусоподобные частицы (ВПЧ) даже если внутри них нет никакого генетического материала. Такие белки очень просто и в больших количествах можно синтезировать с помощью дрожжей, встроив в них нужный ген. Из дрожжей они выходят уже в виде готовых частиц, причем их иммуногенные свойства такие же, как и у настоящего вируса. Если ВПЧ ввести в организм, то в нем начнут вырабатываться защитные антитела. Во многих экспериментах такая защита доказала свою надежность, и спустя одиннадцать лет после открытия большой эксперимент с участием 1533 добровольцев показал, что подобная вакцина от вируса папилломы человека подтипа 16 (HPV16), во-первых, вполне безопасна, а во-вторых, обеспечивает полную защиту организма. Этот результат важен еще потому, что именно на подтипы 16 вместе с 18, 31 и 45 прихо-

дится 80% всех случаев опухолевого перерождения пораженной вирусом ткани, прежде всего рака шейки матки. За оставшиеся 20% ответственны еще 13 разновидностей этого вируса. За шесть лет, прошедшие с начала эксперимента с участием добровольцев, действие вакцины не ослабло — ни одного случая заражения вирусом среди них зафиксировано не было.

В 2006 году компания «Merck» первой получила разрешение на продажу на территории США и Европы профилактической вакцины «Gardasil», которая защищает от папилломавирусной инфекции подтипов 6, 11, 16, и 18. Вакцинация врачи рекомендуют проводить девочкам в возрасте от 9 до 26 лет. В 2007 году компания «GlaxoSmithKline» получила разрешение на вакцину «Cervarix», которая защищает от 16 и 18 подтипов вируса папилломы.

Пептидные пули

Однако это все — профилактические вакцины, причем пока неизвестно, сколь быстро иммунная система забудет о той информации, которую она получила в момент прививки. Поэтому огромный интерес вызывает терапевтическая вакцина, которая уничтожает уже зараженные клетки.

Для ее создания иммунологи надеются использовать столь яркий след вируса, как те самые два белка, E6 и E7. Они обязательно должны быть на поверхности заболевших клеток, и, стало быть, задача состоит в том, чтобы научить клетки-киллеры находить эти следы.

Многие лаборатории в мире соревнуются на этом поприще, ведь цена победы очень велика. Для возбуждения иммунного ответа применяют и сами E-белки, и их пептидные фрагменты (Т-эпитопы), и химерные конструкции из E- и L-белков. (Напомним, что вещества, которые возбуждают иммунный ответ, называются антигенами.) Для усиления ответа в вакцину добавляют цитокины, белки теплового шока и другие стимулирующие элементы.

Непременный компонент вакцины — вектор, который обеспечивают доставку антигенов — E-белков или их пептидных фрагментов — в специальные клетки иммунной системы (макрофаги, дендритные клетки, после чего те начинают вырабатывать особые белки цитокины и давать инструкции клеткам-киллерам, что им, собственно, надо уничтожить. Векторами для антигенов папилломавируса в разных опытах служили вирус осповакцины, аденовирус, альфавирус, бактерии. Надо отметить, что дендритные клетки — самые активные партнеры для возбуждения сильного иммунного ответа, поэтому желательно, чтобы антигены попадали именно в них.

Вот почему большое внимание уделяют химерным конструкциям на основе белков теплового шока, то есть содержащим и E-белок, и белок-усилитель иммунного ответа. Белок теплового шока имеет сродство к дендритным клеткам. Именно таким методом в модельных экспериментах удалось уже при однократной иммунизации зафиксировать уменьшение размера опухоли. Сейчас несколько кандидатов в терапевтические вакцины находятся на различных проверочных стадиях, но в отличие от профилактических вакцин пока ни одна из них не дала приемлемой эффективности. Возникает мысль, что успеха можно достичь, совершенствуя все части вакцины: пептидные фрагменты, которые наиболее правильно повторяют T-эпитопы E-белка, вектор для направленной доставки вакцины в дендритную клетку, стимулятор иммунного ответа, а также носитель вакцины, на котором все это держится.

Работу по реализации программы «Комбинированная вакцина к HPV 16, 18 и 31», которую под руководством академика РАМН М.Р.Хайтаовавели коллективы двух институтов — Института иммунологии и ГОСНИИГенетики, мы начали с компьютерных расчетов. Чтобы проводить такое исследование, надо иметь хорошие инструменты — набор специфических антител к различным типам вируса, референс-препараты (вирусные белки), чтобы было с чем сравнивать получаемые продукты. В России ничего из этого купить было нельзя, и даже в США невозможно было купить антитела к некоторым L1-белкам — ни одна фирма их не делала для продажи. И здесь нам здорово помог профессор Нейл Кристенсен из Медицинского центра Милтон Херши в Пенсильвании, предоставив микробразцы некоторых рекомбинантных белков и моноклонов. Но многое пришлось синтезировать самим, в том числе антитела к белкам L1 и E7 трех типов и к различным их участкам, которые рассчитывались по компьютерным алгоритмам. Все пептиды синтезировали химическим путем твердофазным методом, их было около 20 штук. Такие пептиды для организма безопасны, и синтезировать их несложно, однако иммунная система недостаточно активно на них реагирует — чистые пептиды почти не индуцируют антител. Поэтому приходится их соединять, во-первых, с носителем, а во-вторых, добавлять вещества, которые стимулируют иммунную систему. В качестве носителей использовали гемоцианин (огромный белок из улитки) «полиоксидоний» на основе которого ранее была создана вакцина «Гриппол» (см. «Химию и жизнь», 2005, □ 5. — *Примеч. ред.*), и некоторые другие стимуляторы.

Параллельно в ГОСНИИГенетики был налажен синтез в дрожжах белков L1 трех типов (с одним из них была проблема), который собирался в правильные вирусоподобные частицы и правильно реагировал с антипептидными антителами и референс-моноклональными антителами.

Ответы на разные пептиды сильно отличались, и эти эксперименты позволили выявить наиболее эффективные фрагменты как белка L1, так и E7. Окончательная проверка показала, что если в качестве носителя-адьюванта к этим пептидам использовать гемоцианин улитки или специальный иммуностимулятор ПМ, то реакция иммунной системы будет наиболее сильной. Самое главное, что при этом вырабатывается сильный иммунный ответ к L1, а также активируются популяции специфических клеток-киллеров, так называемые цитотоксические T-клетки CD8⁺. Именно они должны уничто-

жать зараженные клетки. Фактически, полученные данные дают основание считать, что нам удалось создать отдельные компоненты прототипа комбинированной вакцины, профилактической и терапевтической. Пока это еще не вакцина, препарат надо испытывать на приемлемой биологической модели, например на мышах с перевиваемой опухолью, вызываемой онкогенным белком E7. Причем полученные вакцинные препараты скорее ориентированы на профилактику, поскольку уже доказано, что белок L1 генерирует сильный защитный ответ даже в отсутствие адьюванта.

Пептиды — слабые иммуногены, в этом мы убедились, сделав конъюгат одного пептида из белка E7 со стандартным адьювантом Фрейнда. Активировать T-клетки таким путем непросто, и, вероятно нужно менять тактику. Прежде всего для этого требуется обеспечить целевую доставку пептидных антигенов из E-белка в дендритные клетки, чтобы достичь специфической и сильной активации киллерных CD8⁺ лимфоцитов.

И тогда мы решили применить новый подход: использовать как усилитель доставки фуллерены, высокая клеточно-проникающая способность которых хорошо известна, и добавить вектор, который бы направлял их в дендритные клетки. Для этого пришлось заняться работой, не имеющей прямого отношения к созданию вакцины: определить иммуногенность фуллерена и их производных с аминокислотами и пептидами, а также их способность проникать внутрь клеток. И здесь мы получили очень интересные результаты.

Фуллерен и жизнь

О токсичности фуллеренов сказано уже немало, причем есть две противоположные точки зрения: «они чрезвычайно вредны» и «они весьма полезны». Не исключено, что появились столь разных точек зрения способности особенности физико-химических свойств фуллеренов, а именно то обстоятельство, что они в силу своей гидрофобности не растворимы в воде. В результате, чтобы приготовить препарат и ввести его, например, в кровь подопытному животному, молекулу фуллерена нужно как-то модифицировать: присоединить к ней гидрофильные группы или добавить в раствор поверхностно-активные вещества, способные подавить гидрофобность фуллеренов. Эти компоненты могут обладать специфической химической активностью, они оказываются сами по себе токсичными, что вполне способно привести к выводу о токсичности самого фуллерена. И такие случаи широко известны. Например, один из весьма авторитетных специалистов по изучению биологического действия фуллеренов, Г.В.Андриевский из Института терапии АМН Украины, доказал, что данные, приведенные в наиболее часто цитируемой статье о токсичности фуллеренов, связаны именно с артефактом: в изучаемой фуллеренсодержащей жидкости присутствовало токсичное вещество — тетрагидрофуран. Сам же Г.В.Андриевский известен тем, что сумел создать методику получения довольно концентрированного раствора (наносуспензии) фуллерена в воде.

Проблема токсичности фуллеренов и прочих наночастиц давно уже стала весьма актуальной. Сразу же за открытием фуллеренов среди ученых распространилась идея, что эти молекулы могут пригодиться в качестве средства для транспортировки лекарственных препаратов. Сейчас синтезированы сотни соединений фуллеренов, многие из них проявляют биологическую активность, однако до создания коммерческих препаратов дело не дошло. Возможно, потому, что у них нет особых преимуществ по сравнению с нефуллереновыми аналогами, а возможно — из-за недостаточно глубокого понимания механизмов метаболизма фуллеренов и их взаимодействия с живыми клетками.

Однако из-за развития нанотехнологий практически неизбежно возникают условия для загрязнения окружающей среды этими весьма стойкими соединениями, масштаб производства которых возрастает. Пора решать вопрос об опасности

или безопасности фуллеренов в том числе и об иммунологической безопасности. Прежде всего речь идет о способности фуллеренов вызывать иммунный ответ, например аллергию.

Безразличный фуллерен

В своих опытах мы использовали кристаллический фуллерен, называемый фуллеритом, наносуспенсию гидратированного фуллерена Андриевского, а также соединения фуллерена со всевозможными аминокислотами, пептидами и белками. При этом аминокислоты присоединялись непосредственно к шару фуллерена. Способ получения таких производных разработали еще в 1994 году в ИНЭОС РАН им. А.Н.Несмеянова. Там же в содружестве с Институтом проблем химической физики РАН был создан еще один функциональный фуллерен, который очень быстро пришивается к пептидам и белкам, содержащим аминокислоту цистеин. Для чего нужно было получать столь сложные соединения?

Дело в том, что еще 12 лет назад мы уже пытались вызвать у мышей специфический иммунный ответ на чистые фуллерены и их аминокислотные производные и нисколько не преуспели в этом деле. Однако в 1998 году появились сведения, что одной американской группе удалось-таки добиться иммунного ответа на фуллерен в присутствии сильного иммуностимулятора. В своих опытах мы как раз и хотели проверить этот результат, а в качестве иммуностимуляторов взяли известные аллергены вроде яичного и сывороточного альбумина. Однако результат оказался тем же: никакого специфического ответа на собственно фуллерен замечено не было. Зато мы обнаружили хорошо выраженную реакцию на аминокислоты, пришитые к фуллерену. (На чистые аминокислоты ответ вообще не развивается, организм к ним толерантен.)

Отсутствие иммунной реакции на фуллерен можно объяснить следующим образом. Теоретически в водной среде молекулы гидрофобного фуллерена не могут существовать в одиночном состоянии, а собираются в кластеры из десятков, а то и сотен молекул. Попав в живой организм, эти кластеры должны взаимодействовать с гидрофобными компонентами среды и электронодонорными молекулами — белками, жирами или аминами. В результате углеродная сфера может быть полностью закрыта этими молекулами, и тогда она не способна связываться с рецептором В-лимфоцита, который дает сигнал на развитие иммунного ответа. Впрочем, само по себе наличие у В-клеток специфического рецептора на фуллерен вызывает серьезные сомнения. Фуллерены как искусственные молекулы получены совсем недавно, в 1991 году, и в процессе эволюции организмы с ним не могли контактировать, следовательно, вряд ли существуют клеточные клоны, распознающие такие молекулы. Как показали работы по созданию углеродных эндопротезов еще в 1979 году, антитела к другим формам углерода — графиту и алмазу получить невозможно. Хотя известен такой фермент, как протеаза ВИЧ, чей активный центр имеет гидрофобную полость: фуллерен (с гидрофильной подвеской) хорошо ее заполняет и тем самым блокирует активность вируса. Но рецепторы на В-лимфоците для улавливания чужеземцев располагаются снаружи, то есть обращены в водную среду, имеют гидрофильную природу и вряд ли будут захватывать фуллерен.

Как нож в масло

Если фуллерен не вызывает иммунного ответа, то может ли он как-то повредить клетку? Ответ на этот вопрос дает серия опытов, проведенная нами с эритроцитами, тромбоцитами человека и симбиосамами — продуктами симбиоза бобовых растений с азотфиксирующими бактериями рода *Rhizobium*.

О том, что фуллерен проник внутрь симбиосомы можно судить по заряду ее мембраны. В присутствии АТФ и ионов магния она способна генерировать на внутренней стороне своей мембраны положительный заряд. Фуллерены с при-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

шитыми аминокислотами пролином или аминокapoновой кислотой — отрицательно заряжены. Попав внутрь симбиосомы они нейтрализуют заряд на мембране. что можно зафиксировать спектральными методами, используя специальные зонды. Как оказалось, процесс этот весьма быстрый: при добавлении раствора с производными фуллерена, мембрана клетки моментально теряет накопленный ею потенциал.

Фуллерен с другой кислотой, аргинином, наоборот, приобретает положительный заряд, и поэтому его влияние на симбиосому заметить не удалось. Зато оно проявилось на эритроцитах, мембрану которых заряжали отрицательно с помощью валиномицина (из клетки при этом выходит K^+): при добавлении C_{60} -Arg происходила быстрая разрядка потенциала.

Изменение потенциала мембраны оказалось не единственным эффектом. Есть такой флуоресцентный краситель — акридин оранжевый. Он меняет свое свечение при изменении кислотности среды. С его помощью удалось дополнительно подтвердить, что аминокислотные производные фуллеренов в самом деле легко проникают внутрь клеток и меняют кислотность среды.

Мы подтвердили также, что фуллерены легко проникают в разные типы клеток. Например, в тромбоцитах много кальция, поэтому изучать транспорт фуллерена можно с помощью другого красителя, хлортетрациклина, свечение которого зависит от концентрации ионов кальция: если фуллерен с ним взаимодействует, то гасит это свечение. Так оно и вышло: при добавлении к тромбоцитам, нагруженным хлортетрациклином, фуллеренов, в том числе и фуллерена Андриевского, наблюдалось тушение флуоресценции. Правда, оказалось, что фуллерен Андриевского входит в клетку в сто раз медленнее, чем с аминокислотными производными.

Итак, установлено, что фуллерен благодаря своей гидрофобности достаточно свободно проходит сквозь липидную мембрану клетки. Отсюда появляется идея, которая уже у многих на слуху: фуллерен с закрепленным пептидом может протаскать его внутрь клетки. А это значит: он может служить отличным средством доставки пептидов в дендритные клетки иммунной системы.

Чтобы проверить этот предположение, мы, во-первых, присоединили к фуллерену найденные на предыдущем этапе пептиды белка Е7, вызывающие наибольший иммунный ответ. Во-вторых, синтезировали носитель для вакцины на основе сополимера винилпирролидона и малеинового ангидрида, к которому были присоединены цепочки жирных кислот. К этим гидрофобным хвостам за счет ван-дер-ваальсовых связей и цеплялись молекулы фуллеренов с пептидами. Результат оказался очень неплохим уже в первом эксперименте. Препарат действительно вел себя, как и положено терапевтической вакцине, генерировал специфические Т-клетки и антитела. Но пока что нам не удалось детально проследить механизм его действия. К сожалению, из-за прекращения финансирования эту работу пришлось прервать. Хотя мы и не теряем надежды на продолжение, но время упущено, а зарубежные исследователи не стоят на месте.

Работа начата по инициативе академика РАН Р.В.Петрова



В зарубежных лабораториях

ВИРУС КАК СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

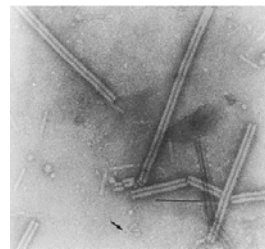
Ученые из Великобритании, Франции и США нашли вирусы, частицы которых могут послужить строительным материалом для наноконструкций.

Пресс-секретарь Zoe Dunford,
zoe.dunford@bbsrc.ac.uk

В ирус — это генетический материал (ДНК или РНК), заключенный в белковую оболочку. Все это вместе называется вирусной частицей. Как правило, частицы одного и того же вируса идентичны, поскольку созданы по одному и тому же образцу. А их размер измеряется десятками или сотнями нанометров. Отсюда следует, что вирусы — это прекрасные наночастицы, то есть предмет интереса нанотехнологов.

Ученых из британского Центра Джона Инна, калифорнийского Скриппсовского исследовательского института и французского Института Пастера заинтересовали похожие на длинные цилиндры частицы ДНК-вируса SIRV2, который выдерживает чрезвычайно тяжелые условия: высокую температуру и сильную кислотность. Это не случайно, ведь такой вирус живет и размножается в одноклеточном микроорганизме *Sulfolobus islandicus*. Как видно из названия, он обитает в исландских горячих источниках, то есть в воде, нагретой до 80°C и насыщенной серной кислотой до pH 3. Вирусная частица с такими свойствами вполне может стать основой для создания неплохого материала.

В принципе вирусы способны с высокой точностью соединяться друг с другом благодаря особенностям строения своей оболочки. Однако это строение можно менять, добавляя какие-то группы химическим путем либо с помощью генетической модификации. «По-разному модифицируя торцы и бока вирусных наночилиндров, можно собирать из них различные конструкции. Они помогут создавать новые виды жидких кристаллов, шаблоны для наноструктур, в наноэлектронике или пригодятся в медицине», — говорит доктор Дэйв Эванс из Центра Джона Инна. А главное, что получать вирусные частицы, причем совершенно одинаковые, чрезвычайно легко: они размножаются сами собой.



В зарубежных лабораториях

НОСОРОГ МОРОЗ-II

В будапештском зоопарке родился носорог, зачатый с помощью замороженной спермы.

Robert Hermes,
hermes@izw-berlin.de

В зоопарке Будапешта завершилась начатая полтора года назад операция, проведенная учеными из берлинского Института Лейбница исследований животных в зоопарках и в дикой природе. Как мы писали (см. «Химию и жизнь», 2007, □ 11), в июне 2007 года они оплодотворили самку редчайшего белого носорога спермой самца, которая три года пролежала при температуре жидкого азота. Теперь, в октябре 2008 года, родился вполне здоровый носорожек весом 45 кг. Он чувствует себя вполне удовлетворительно, мать признала детеныша.

«В природе осталось три северных белых носорога, а в зоопарках еще восемь. Отбирая сперму у разных самцов, сохраняя ее, а потом используя в селекционной работе, мы сможем возродить этих животных в буквальном смысле из льда. Главная нынешняя проблема — финансирование проекта», — говорит руководитель работы доктор Роберт Хермес.



В зарубежных лабораториях

РАСТУЩИЙ ПРОТЕЗ

Немецкие ученые создали технологию изготовления клапана сердца, который растет вместе с человеком.

Пресс-секретарь Jutta Hoehn,
jutta.hoehn@dfg.de

Искусственный клапан сердца, если его вживляют ребенку, плох, в частности, тем, что его размер не меняется по мере роста пациента. В результате ребенку приходится претерпевать несколько мучительных, опасных, а в условиях рыночной экономики и дорогих операций по замене маленького клапана на больший. Ученые из Ганноверской медицинской школы придумали, как решить проблему. Они берут клапан сердца свиньи и удаляют из него все живые клетки, оставляя только соединительную ткань. После этого получившийся каркас заселяют клетками, которые выделили из крови пациента. Через несколько недель новый клапан готов к пересадке. Он не вызывает иммунного ответа и, главное, растет вместе с пациентом.

Профессор Алекс Хаверик начал подобные опыты в 1995 году. К 2002 году созданная им и его коллегами Михаэлем Хардером и Сергеем Чеботарем методика достигла такой степени совершенства, что можно было начать клинические испытания. В прошедшие с тех пор шесть лет они провели операции по пересадке биотехнологического клапана сердца шестнадцать раз детям разного возраста. Первые двое детей уже выросли, а повторные операции проводить не потребовалось.

В зарубежных лабораториях

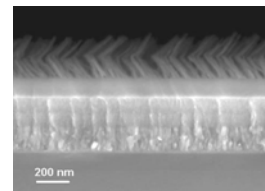
ПОЛНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА

Американцы создали покрытие, которое поглощает 96,21% солнечного света, падающего на него под любым углом.

Пресс-секретарь Michael Mullaney,
mullam@rpi.edu

Обычная кремниевая солнечная батарея может превратить в электричество не более 67,4% падающего на него света. Поскольку ее КПД и так невелик — в лучших образцах приближается к 40%, — то каждый потерянный квант снижает эффективность и, стало быть, увеличивает стоимость солнечного электричества. Более того, батарея должна тратить энергию на поворот — чтобы всегда оставаться под оптимальным углом к падающим лучам. В противном случае многие лучи отразятся от полированной кремниевой поверхности. Ученые из Ренсселаровского университета во главе с профессором Лин Шуаньюем создали покрытие, благодаря которому солнечный элемент может поглотить свет, падающий на него практически с любой стороны.

Это покрытие состоит из семи слоев толщиной от 50 до 100 микрон. В каждом из них под определенным углом к поверхности расположены наностержни из диоксида титана, помещенные в матрицу из диоксида кремния. Лучи света рассеиваются в получившемся «лесе» и в конце концов попадают на батарею, а вырваться наружу уже не могут



ЛИЛОВЫЕ ПОМИДОРЫ

Британские биотехнологи создали целебные помидоры, добавив в них антоцианы из цветков львиного зева.

Пресс-секретарь Zoe Dunford,
zoe.dunford@bbsrc.ac.uk

Многие считают, что пища, богатая антиоксидантами, весьма способствует здоровью. Однако антиоксиданты бывают разные: в одних плодах они водорастворимы, в других — жирорастворимы. Например, антоцианы смородины растворяются в воде, а ликопен помидоров — только в масле. Хорошо, если помидор перед едой обжарят в масле, ликопен в нем растворится и перейдет в легко усваиваемую форму. А если нет? Да и вообще, термообработка разрушает другое полезное вещество — аскорбиновую кислоту.

Ученые из Центра Джона Инна во главе с профессором Кати Мартин придумали, как сделать помидор кладезем антиоксидантов обоих типов. Для этого они внедрили в геном подопытного овоща вставку, ответственную за синтез того самого антоциана, который придает яркую окраску цветкам львиного зева. Получились плоды, окрашенные в интенсивно фиолетовый цвет, причем не только снаружи, но и внутри.

Когда такими лиловыми помидорами накормили мышей, склонных к развитию рака, то продолжительность их жизни существенно выросла по сравнению с теми мышами, которых кормили красными помидорами. Теперь британские ученые приступают к предклиническим испытаниям, которые будут проходить с участием добровольцев.

**ВЕРХИ И КОРЕШКИ**

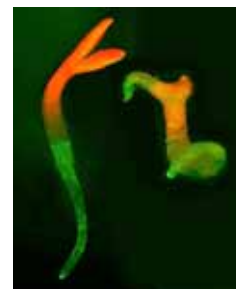
Ученые из Голландии сумели по своей воле превратить молодой лист в корень.

Pankaj Dhonukshe,
P.B.Dhonukshe@uu.nl

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

Тот факт, что многие растения размножаются вегетативно, используют для продолжения рода и корни, и стебли, и листья, неудивителен. Об этом их свойстве позаботился естественный обзор, дающий больше шансов тем, кто может выжить, несмотря ни на что, даже на разрушение топором или погребение под толстым слоем почвы. Однако людям хотелось бы управлять этим процессом по собственному желанию. Подходящий инструмент имеется — гормон ауксин, который способствует превращению стволовых клеток растения в ту или иную ткань.

Этот гормон вырабатывают молодые листья или только что появившиеся побеги, и он поступает в корни, способствуя их образованию и росту. Биологи из Утрехтского университета во главе с доктором Панкаджем Донкушем сумели найти такой молекулярный переключатель, который изменяет направление перемещения ауксина в растении. В результате он сосредотачивается в выработавшем его листочке, и тот превращается в самый настоящий корень. Как считают авторы исследования, используя аналогичные приемы, им удастся так сильно менять строение культурных растений, что урожай вырастет, а собирать плоды будет гораздо удобнее.



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

КАК ОБМАНУТЬ GPS

Американские инженеры сконструировали прибор, с помощью которого можно перехитрить навигатор GPS.

Пресс-секретарь Anne Ju,
amj8@cornell.edu

Негодяй Негоро, обманывая пятнадцатилетнего капитана в одноименном романе Жюль Верна, подсовывал под корабельный компас топор. Казалось бы, глобальную систему позиционирования, которая постоянно получает данные от целой спутниковой группировки, обмануть невозможно. Ан нет — ученые из Корнеллского университета во главе с профессорами Полом Кинтнером и Марком Псиаки сконструировали устройство, способное на это. Оно представляет собой приемник GPS, который используют при исследованиях ионосферы. Размер его сопоставим с папкой для документов. Ученые перепрограммировали прибор так, чтобы он принимал истинный сигнал от спутников, модифицировал его и излучал в искаженном виде.

Как показали эксперименты, если такое устройство расположить неподалеку от нормального приемника GPS, то он будет воспринимать именно искаженный сигнал, а не истинный, от спутника. И соответственно станет давать неверные координаты.

«Своей работой мы пытались показать, что современная сеть GPS весьма уязвима для злоумышленников и, значит, пора задуматься о мерах защиты», — говорит профессор Псиаки.

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

СПАСИТЕЛЬНЫЙ СИНИЙ СВЕТ

Британские ученые выяснили: клерков, чтобы они не спали, надо освещать синим светом.

Пресс-секретарь Stuart Miller,
s.e.miller@surrey.ac.uk

Ученые из Центра сна при Суррейском университете во главе с профессором Дерком ван Дийком вместе со специалистами из компании «Филипс» задумались над задачей, как сделать так, чтобы «белые воротнички» на работе не спали, не зевали и вообще быстрее двигались и принимали решения? Оказалось, что для этого нужно всего лишь изменить спектр освещения.

В опытах принимали участие 104 сотрудника двух разных контор. После того как их поведение при обычном освещении лампами дневного света было зафиксировано, каждого из участников подвергли четырехнедельному испытанию при освещении белым (с цветовой температурой 4000 К) и подсиненным (17000 К) светом — чем-то средним между рассеянным светом от неба (12500 К) и синим небом в северных широтах (20000 К).

С помощью опросов и измерения объективных показателей ученые оценили настроение клерков, качество их ночного сна, дневную активность, а также частоту головной боли и усталости глаз за все восемь недель исследования. Оказалось, что при использовании подсиненного света офисная сонливость пошла на спад, ночной же сон, наоборот, улучшился, а головная боль, общая усталость и раздражительность по окончании рабочего дня уменьшились. Соответственно выросли и способность концентрироваться на задаче, и производительность труда.

Технеций: ЧТО НОВОГО

И.А.Леенсон

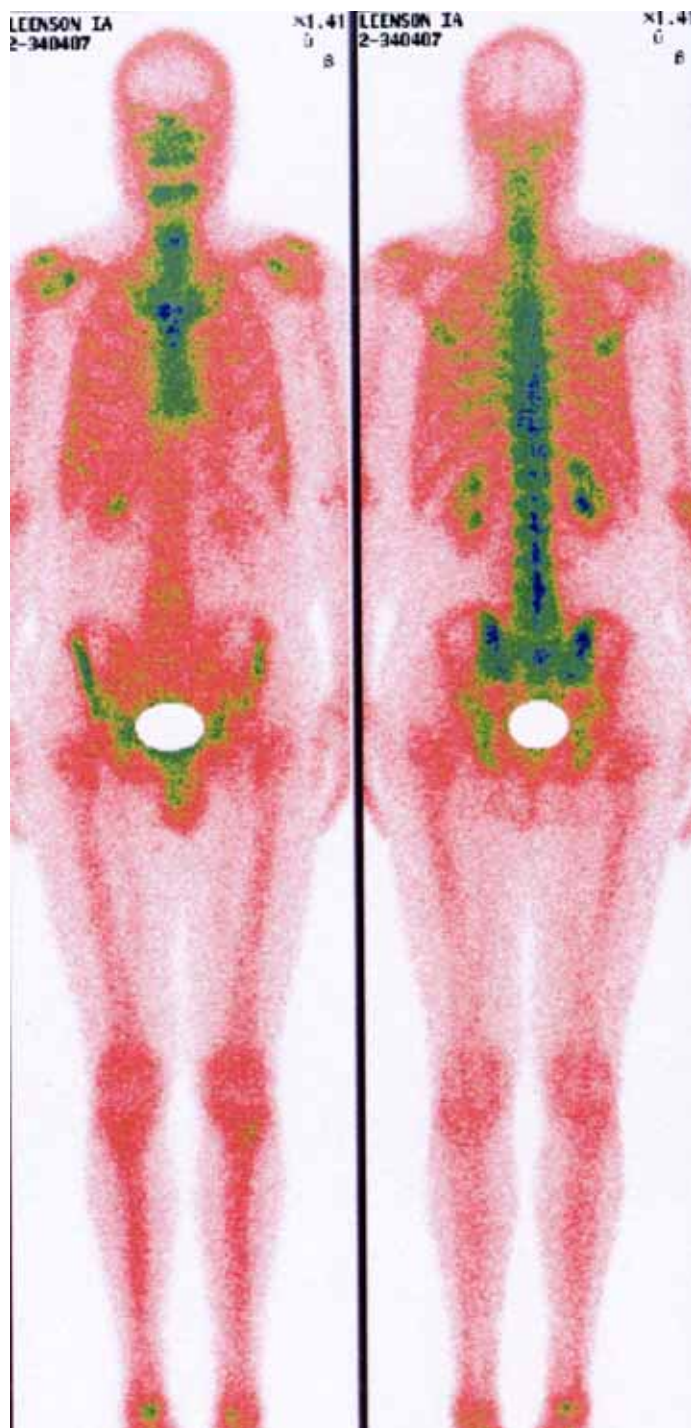
Поводов для написания этой статьи было несколько. Во-первых, последний раз статья о технеции была опубликована в журнале почти 40 лет назад – в январе 1970 года. С тех пор очень многое изменилось. Во-вторых, в мае 2008 года на химическом факультете МГУ состоялось празднование ежегодного, 43-го по счету, Дня химика, который был посвящен очередному химическому элементу. Под номером 43 в периодической таблице значится технеций, символ которого и фигурирует на выпущенных к празднику значках (рис. 1). Наконец, автор решил, в лучших традициях исследователей прошлого, испытать на себе применение этого элемента в биохимических и медицинских исследованиях.

Хевеши и радиоактивные индикаторы

Нобелевская премия по химии за 1943 год была присуждена венгру Дьрдю Йожефу фон Хевеши (в другом написании – Георгу де Хевеши) «за работы по использованию изотопов в качестве индикаторов при изучении химических процессов». О присуждении было объявлено 9 ноября 1943 года, но лишь 10 декабря 1944 года с традиционной речью выступил председатель Нобелевского комитета по химии профессор Арне Вестгрэн. Еще одна особенность военного времени: Вестгрэн представил работу Хевеши не на торжественной церемонии, а по радио. В своей речи он сказал следующее (сокращенный перевод с сайта Нобелевского комитета www.nobelprize.org, примечания автора в скобках):

«В 1913 году молодой исследователь де Хевеши, работая в лаборатории Резерфорда в Манчестере, получил задание отделить радий D от радиоактивного свинца. Хевеши не удалось это сделать. Фактически стало очевидно, что радиоактивный радий D настолько незначительно отличается от неактивного радия G (последнего из дочерних элементов в ряду распада радия), что все попытки отделить их друг от друга были, по-видимому, обречены на неудачу. (Радий G и радий D – старые радиохимические обозначения двух изотопов свинца, соответственно стабильного ^{206}Pb и радиоактивного ^{210}Pb с периодом полураспада около 22 лет.) Хотя Хевеши не удалось разделить указанные изотопы, его работа не была напрасной. Она привела его к идее о новом методе исследования в химии. Поскольку химически невозможно отделить радиоактивный изотоп от его стабильного аналога, появляется возможность использовать это его свойство, чтобы детально проследить за поведением данного элемента в ходе различных химических реакций и физических процессов.

Используя в качестве маркера радий D, де Хевеши определил растворимость ряда соединений свинца, обладающих крайне малой растворимостью. Ему удалось также изучить процесс самодиффузии в металле; до него количественно изучать подобные процессы было невозможно. Хевеши осаж-



Портрет в лучах технеция

дал торий В (^{212}Pb , период полураспада 10,6 ч) на поверхность свинцового кристалла и затем следил за снижением интенсивности излучения, вызванного проникновением радиоактивных атомов с поверхности в глубь кристаллической решетки, при этом их место занимали неактивные атомы из более глубоких слоев. Таким способом он смог измерить энергию, необходимую для извлечения атома из кристалла свинца, то есть энергию диссоциации кристаллической решетки. Оказалось, что эта энергия имеет тот же порядок величины, что теплота испарения свинца (194 и 195,1 кДж/моль соответственно).

Новый метод оказался также пригоден для изучения биологических процессов. Бобы, помещенные в растворы, содержащие соли свинца с примесью атомов радиоактивного



1
Значки, выпущенные к празднику



ЭЛЕМЕНТ №...

свинца, частично поглощали эти соли. При этом свинец, который является для растений ядом и препятствует их нормальному развитию, по-разному накапливался в разных частях растения. Хевеши изучил также поглощение и выделение солей свинца, висмута и таллия организмами животных. Знать, как распределяются соединения висмута, введенные в организм животного, важно для медицины, поскольку, как известно, некоторые соединения висмута используются в терапевтических целях.

В качестве маркеров вначале использовали только природные радиоактивные элементы, и это неизбежно ограничивало применение нового метода. Фактически его можно было использовать только для тяжелых металлов – свинца, тория, висмута, таллия и их соединений. Ситуация должна была в корне измениться после работ Фредерика и Ирен Жолио-Кюри, а также Ферми, которые сумели получить искусственные радиоактивные изотопы многих элементов. С тех пор исследование химических процессов с помощью радиоактивных индикаторов было значительно усовершенствовано и используется в лабораториях всего мира.

Исключительно важные результаты были получены при использовании этого метода в биологии. Здесь главным образом используется радиоактивный изотоп фосфора ^{32}P . Для биологических исследований он имеет достаточно большое время жизни: его период полураспада составляет 14,3 суток. Хевеши готовил физиологические растворы фосфата натрия, содержащие этот маркер, и вводил их в организм животных и людей. Через определенные промежутки времени он определял, каким образом фосфор распределяется в организме. Исследование образцов крови показало, что фосфор, введенный в кровь, быстро из нее выводится. В крови человека содержание радиоактивного фосфора уже через два часа снижается до 2% от исходного уровня. Он диффундирует во внеклеточную жидкость и постепенно замещает атомы фосфора в тканях, органах и костях скелета. Спустя определенное время радиоактивный фосфор можно обнаружить, хотя и в очень малых количествах, даже в зубной эмали.

Со времени работ Хевеши изменилось очень многое. Впервые радиоактивную метку использовали в медицинских целях в конце 1930-х годов, когда человеку ввели препарат меченого иода и затем с помощью счетчика Гейгера определили, какая его доля сконцентрировалась в щитовидной железе. В 1948 году был разработан метод регистрации γ -излучения с использованием фотоумножителей. В 1962 году создана так называемая гамма-камера (камера Анжера) – сцинтилляционная счетная камера для регистрации излучения. Сцинтилляция (от лат. *scintillo* – блистать, сверкать) – вспышка света, возникающая в некоторых жидких или твердых веществах под действием ионизирующих излучений. Это позволило получить изображение железы с разрешением 400 точек на дюйм, при времени сканирования более 1,5 часов. Вскоре стало возможно исследовать и другие органы. Одновременно росла точность регистрации γ -излучения. В 70-е годы к гамма-камерам были подключены компьютеры, это

радикально улучшило обработку информации и построение изображений. Так появилась однофотонная эмиссионная компьютерная томография, она же гамма-томография (англ. SPECT – single-photon emission computed tomography). Название «однофотонная» означает, что при каждом акте радиоактивного превращения эмитируется один гамма-квант. Вторая революция произошла, когда для диагностики стали использовать один из изотопов технеция.

Технеций и его свойства

Технеций был открыт, вернее, синтезирован и идентифицирован по его радиоактивности в 1937 году. Это был первый в истории химический элемент, полученный в лаборатории, а не найденный в природе, его название происходит от греч. *τέχνη* – ремесло, искусство, умение; *τεχνητός* – искусственный. Того же происхождения и слово «техника», что и отразили дизайнеры значка, посвященного технецию.

Существование элемента с атомным номером 43 предсказал Д.И. Менделеев, дав ему условное название «экамарганец», то есть «первый аналог марганца». В современной периодической таблице (как в короткой, так и в длинной ее форме) технеций расположен в седьмой группе между марганцем и рением. Незвестный при жизни Менделеева рений он назвал, также используя санскритские числительные, «вторым аналогом марганца» – «двимарганцем». Рений оказался последним химическим элементом, впервые выделенным из природного источника. Это случилось в 1925 году, до открытия технеция. Попытки обнаружить в минералах технеций оказались безуспешными, хотя многие исследователи заявляли, что им это удалось. Вряд ли можно найти другой элемент, имеющий столько «ложных предшественников»: клетка периодической таблицы с номером 43 последовательно «заполнялась» ильмением, девием, люцием, ниппением, мазурием.

Впервые следовые количества технеция были идентифицированы в Италии – физиком Эмилио Сегре и химиком Карло Перье, работавшими тогда на физическом факультете университета Палермо. Новый элемент был получен в результате бомбардировки молибдена дейтронами с энергией 5 МэВ на одном из первых циклотронов (диаметром всего 70 см) Эрнеста Лоуренса в Радиационной лаборатории Калифорнийского университета. Это не был заранее спланированный эксперимент: Сегре, который летом 1936 года посетил с женой США, упросил Лоуренса отдать ему для исследований облученную молибденовую фольгу – часть отражателя циклотрона (его назначение – выводить ускоренный пучок ионов наружу). И в начале 1937 года Лоуренс отправил эту фольгу в Палермо.

Молибден – сосед технеция по периодической таблице, его порядковый номер 42. И если ядро одного из стабильных изотопов молибдена захватит ядро дейтерия, заряд ядра увеличится на единицу, то есть оно превратится в ядро элемента 43. Стабилизация ядра происхо-

дит путем выброса одного или двух нейтронов. Соответственно образовавшееся ядро технеция будет иметь массу на единицу меньше, чем у исходного молибдена, или такую же, например: $^{92}\text{Mo} + ^2\text{H} \rightarrow ^{93}\text{Tc} + n$; $^{92}\text{Mo} + ^2\text{H} \rightarrow ^{92}\text{Tc} + 2n$. Трудности отделения нового элемента от всех возможных примесей подробно описаны в статье В.И. Кузнецова («Химия и жизнь», 1970, □ 1). Исследователи зафиксировали новые радионуклиды по их периодам полураспада. В последующем оказалось, что это были ^{95}Tc и ^{97}Tc . После открытия Сегре вернулся в Беркли, разыскал работавшего в Калифорнийском университете молодого и пока незнаменитого Гленна Сиборга, и в совместной работе они выделили еще один изотоп, метастабильный технеций-99m.

Впервые весовые количества технеция были получены в США во второй половине 40-х годов в результате облучения 5,7 кг молибдена нейтронами в ядерном реакторе. Его отделили от молибдена, используя летучесть оксида Tc_2O_7 . Образуется технеций также при облучении рутения (□ 44) и ниобия (□ 41). В настоящее время технеций в основном выделяют из смеси продуктов деления урана-235 в отработанном ядерном топливе. Больше всего получается технеция-99, 101, 102 и 103 (соответственно 6,1, 5,6, 4,3 и 3% относительно всех продуктов деления). При полном распаде 1 г ^{235}U образуется 27 мг ^{99}Tc . В реакторе мощностью 285 МВт ежедневно образуется 8 г технеция, то есть 3 кг в год. Технеций получается также при делении ядер ^{233}U и ^{239}Pu . Всего таким способом образовалось уже свыше 100 тонн технеция. Конечно, его еще нужно отделить от других продуктов деления и очистить. В 2005 году этот элемент продавали по 83 доллара за грамм. Миллиграммовые количества технеция получают путем длительного облучения нейтронами молибдена высокой степени чистоты: $^{98}\text{Mo} + n \rightarrow ^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Ru} + e$. Так, при двухмесячном облучении 1 кг MoO_3 в реакторе потоком нейтронов плотностью 10^{14} / (см² с) образуется 10–15 мг ^{99}Tc . Довольно много технеция, порядка 1,5 т, уже попало (и продолжает попадать) в окружающую среду. Это происходит в основном при переработке ядерного топлива и в результате ядерных испытаний. Исчезнет этот технеций только через десятки миллионов лет.

В настоящее время известно 56 изотопов технеция (включая ядерные изомеры) с массой от 85 до 118 и периодами полураспада от долей микросекунды до миллионов лет. Напомним, что у ядерного изомера атомное ядро находится в возбужденном (метастабильном) состоянии и потому рано или поздно переходит в основное состояние с выделением энергии. Такие изомеры могут образовываться при делении ядра на осколки или в других ядерных реакциях. Ядерные изомеры (их обозначают буквой *m*, а если изомеров несколько – *m1*, *m2* и т. д.) имеют собственное время жизни – как у любого другого радионуклида. Обычно такие изомеры неустойчивы и переходят в основное состояние за доли пикосекунды, как правило, с выделением гамма-квантов. Однако если спин возбужденного состояния сильно отличается от спина основного состояния ядра, переход оказывается запрещенным и происходит медленно. Иногда изомер бывает даже стабильнее, чем его основное состояние, причем различие может быть очень большим. Так, у ^{108}Ag (спин ядра 1) период полураспада 2,37 мин., а у его изомера ^{108m}Ag (спин ядра 6) – 127 лет!

Самые долгоживущие изотопы технеция – ^{98}Tc (период полураспада 4,2 млн. лет), ^{97}Tc (2,6 млн. лет) и ^{99}Tc (211 тыс. лет). Это значительно меньше времени жизни Земли, поэтому технеций в природе встречается лишь в виде следов в урановых рудах как продукт спонтанного деления урана. По оценкам, сделанным в Лос-Аламос-

ской лаборатории, 1 кг урана содержит около 1 нг технеция – триллионную часть. Впервые его удалось обнаружить в природе в 1962 году в урановой смолке из Бельгийского Конго; это был ^{99}Tc , образовавшийся в результате спонтанного деления ядер урана-238. Довольно много технеция-99 образовалось миллионы лет назад при работе африканского природного ядерного реактора («реактора Окло») на территории современного Габона. Но с тех пор он практически исчез в результате распада: $^{99}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Ru} + e$. В 1954 году ничтожные следы технеция были найдены в некоторых молибденовых минералах.

В 1952 году астроном Пол Меррил обнаружил в спектрах некоторых звезд – красных гигантов – линии при 403,1 нм, 423,8 нм, 426,8 нм и 429,7 нм. Это линии в спектре технеция, который накапливается в этих массивных звездах к концу их жизни. Впоследствии выяснили, что технеций образуется в оболочках красных гигантов в результате так называемого s-процесса (от англ. slow – медленный) – захвата ядрами нейтронов.

У изомера ^{99m}Tc наблюдается редкий случай изменения, хотя и незначительного, периода полураспада в зависимости от условий. Так, в составе соединения KTcO_4 этот период уменьшается на 1 с, а в составе Tc_2S_7 – на 8,6 с по сравнению с «голым» нуклидом, то есть на 0,04%. Влияют на время жизни этого изомера также температура и давление.

Легкие изотопы технеция распадаются преимущественно с испусканием позитрона или путем захвата орбитального электрона. Тяжелые изотопы претерпевают в основном бета-распад. Почти все радиоактивные превращения изотопов технеция сопровождаются гамма-излучением. Но есть и исключения. Так, ^{99}Tc – самый распространенный изотоп технеция – можно использовать как источник чистого бета-излучения с небольшой энергией 292 кэВ; оно задерживается уже стеклянными стенками лабораторной посуды. Для сравнения: энергия β-частиц, испускаемых ^{98}Tc , – 4,0 МэВ. Наименее опасно при работе с технецием, как и с другими радионуклидами, вдыхание мельчайших капелек растворов или пыли твердых реагентов.

Большое время жизни основных изотопов технеция позволило хорошо изучить свойства этого элемента. Технеций – тугоплавкий (температура плавления 2200°C) серебристо-серый металл, несколько тяжелее свинца (плотность 11,5 г/см³). Во влажном воздухе постепенно тускнеет. Он растворяется в азотной и концентрированной серной кислотах, соляная кислота на него не действует. По химическим свойствам технеций – аналог марганца и рения, больше похожий на рений, может проявлять степени окисления от –1 до 7. Получено и исследовано множество соединений технеция – оксиды (TcO_2 , TcO_3 и Tc_2O_7), галогениды и оксогалогениды (TcF_5 , TcF_6 , TcCl_4 , TcCl_6 , TcOCl_3 , TcOBr_3 , TcOCl_4 , TcO_3F , TcO_2F_3 и др.), галогенотехнетаты (NaTcF_6 , K_2TcCl_6 и др.), сульфиды (TcS , TcS_2 , Tc_2S_7), карбонилы ($\text{Tc}_2(\text{CO})_8$, $\text{Tc}_2(\text{CO})_{10}$), комплексные и кластерные соединения ($\text{K}_2[\text{Tc}(\text{CN})_6]$, $\text{Tc}_4(\text{CO})_{12}\text{F}(\text{OH})_3$, аналог ферроцена $[\text{Tc}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]_2$ и другие). П.А. Козьмин с соавторами в Институте общей и неорганической химии РАН получили необычные структуры многоатомных кластеров технеция.

Если технеций сжечь в чистом кислороде при 500°C, получается желтый кристаллический оксид Tc_2O_7 , плавящийся при 120°C с образованием вязкой жидкости, которая кипит без разложения при 311°C. Удивительный факт: твердый Tc_2O_7 проводит электрический ток, а жидкий – нет (Re_2O_7 в этом отношении ведет себя «правильно»). И еще одно необычное свойство этого оксида: он не окисляет органические вещества (Mn_2O_7 реагирует с ними со взрывом!). При упаривании водного раствора Tc_2O_7 выделяются темно-крас-

ные кристаллы технециевой кислоты HTcO_4 . Ее водные растворы тоже обладают необычным свойством: концентрированные растворы красные, разбавленные – бесцветные. В отличие от перманганатов, соли технециевой кислоты (пертехнетаты) бесцветны и очень устойчивы. Так, KTcO_4 плавится при 540°C и возгоняется при 1000°C без разложения (KMnO_4 разлагается уже при 250°C). При термическом разложении NH_4TcO_4 образуется нелетучий черный диоксид TcO_2 . Пертехнетаты оказались превосходными ингибиторами коррозии, если бы не были дорогими и радиоактивными. То же можно сказать и об исключительно активных технециевых катализаторах. Так, они могут в десятки раз повысить выход аммиака при его синтезе из водорода и азота. В реакции дегидрирования изопропилового спирта они намного превосходят по эффективности палладий или рутений.

Технеций в медицине

В 1961 году пертехнетат-анион $^{99m}\text{TcO}_4^{2-}$ впервые применили в медицинских целях – для диагностирования заболевания щитовидной железы. Впоследствии химия технеция была подробно изучена с целью применения этого элемента в ядерной медицине. Несомненный лидер здесь – изомерный радионуклид ^{99m}Tc , используемый в более чем 85% всех анализов для диагностики множества заболеваний, в том числе онкологических. В настоящее время во всем мире с помощью ^{99m}Tc ежегодно проводят свыше 20 миллионов таких исследований. Этот радионуклид имеет массу преимуществ. Во-первых, он практически на 100% претерпевает единственный переход $^{99m}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc}$. При этом испускаются гамма-кванты. Их энергия 0,14 МэВ, она близка к энергии рентгеновского излучения, которое используют в целях диагностики и которое удобно регистрировать. Но, в отличие от рентгенографии, в данном случае источник радиации расположен внутри тела.

Во-вторых, ^{99m}Tc достаточно просто получить, и он обладает очень удобным для диагностики периодом полураспада – 6,04 часа. За это время легко не только провести практически любое исследование, но и приготовить подходящий для данного случая радиофармацевтический препарат. А уже через сутки от исходного количества радионуклида остается всего одна восьмая.

Третье важное преимущество заключается в том, что основное состояние, в которое переходит ^{99m}Tc , то есть ^{99}Tc , имеет весьма большой период полураспада – более 200 тысяч лет. Значит, активность исходного препарата после его распада снижается более чем в 300 млн. раз. В результате и исходный ^{99m}Tc , и тем более дочер-



ний ^{99}Tc нанесут минимальный вред человеку. Вдобавок они выводятся из организма за несколько дней.

В настоящее время ядерная медицина только в США имеет оборот более 10 миллиардов долларов, а ядерно-медицинские процедуры проводятся более 50 пациентам на 1000 населения в год (в РФ на порядок меньше). Радиофармпрепаратов известно несколько десятков, и они применяются для самых разнообразных исследований мозга, сердца, щитовидной железы, легких, печени и желчного пузыря, почек и надпочечников, костей скелета, крови, а также для диагностики опухолей. В последнем случае используют, например, метод иммуносинтиграфии: ^{99m}Tc вводят в моноклональное антитело – белок иммунной системы, способный связываться с раковыми клетками. Через несколько часов после инъекции препарата регистрируют гамма-излучение из различных точек организма и строится компьютерное изображение. Область высокой интенсивности излучения указывает на место расположения опухоли. Если ввести ^{99m}Tc в некоторые препараты олова, этот радионуклид окажется связанным с эритроцитами. В результате появится возможность выявить нарушения в системе кровообращения. А в составе коллоидной серы ^{99m}Tc улавливается мононуклеарными фагоцитами и концентрируется в основном в печени (в небольшой степени – в селезенке).

Откуда медики берут ^{99m}Tc , время жизни которого составляет считанные часы? Заранее его не запасешь, ядерный реактор или ускоритель в клинике не поставишь. Он непрерывно образуется из радиоактивного молибдена-99: $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc} + e$. Сам же ^{99}Mo несложно получить путем облучения в ядерном реакторе нейтронами стабильного ^{98}Mo , которого в природном молибдене 24,1%. Правда, и молибден-99 живет не слишком долго: период его полураспада 66 часов. Но этого достаточно, чтобы доставить так называемый генератор технеция (рис. 2) в клинику и там в течение нескольких дней «выдаивать» из него по мере необходимости требуемое количество ^{99m}Tc . Действительно, десятикратная потеря активности ^{99}Mo происходит в течение 220 часов, так что работать с ним можно по крайней мере в течение недели и получить примерно 10 препаратов. Сравнительно небольшое время жизни ^{99}Mo имеет и свои преимущества: ^{99m}Tc образуется из него достаточно быстро. При этом по мере накопления ^{99m}Tc его можно отделять от молибдена. Интересно, что в английском языке для процессов, подобных этому, используются термины «cow» – корова (в данном случае это будет «molybdenum cow») и to milk – доить. Активность, исходящая из генератора, настолько мала, что подобный эксперимент был недавно предложен даже в качестве практической работы в курсе химии для американских студентов.

В генераторе непрерывно идут превращения $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc}$. Распадом последнего за время эксперимента можно пренебречь. Это – типичная последовательная реакция, причем константа скорости первой стадии в 11 раз больше второй. При достаточно большой разности в константах распа-



2
Генератор ^{99m}Tc ;
потребность в подобных генераторах в РФ – более 4000 в год

да наступает так называемое радиоактивное равновесие: концентрация второго вещества убывает в такой же степени, в которой расходуется исходное вещество. Поэтому в течение нескольких часов количество ^{99m}Tc в генераторе остается почти постоянным. На практике в хроматографическую колонку с оксидом алюминия помещают очищенный неактивный ^{98}Mo . Алюминий очень слабо поглощает нейтроны, поэтому колонку можно прямо облучать нейтронами, превращая некоторое количество молибдена-98 в его радиоактивный изотоп ^{99}Mo . Радиомолибден (обычно в виде молибдата) превращается в технеций-99m с испусканием β -частиц: $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc} + e$.

Отделить образовавшийся технеций от молибдена можно разными способами. Один из них состоит в экстракции ^{99m}Tc ацетоном или метилэтилкетонем из щелочного раствора молибдата. Если молибден был адсорбирован на Al_2O_3 из азотнокислого раствора, то для отделения ^{99m}Tc колонку промывают разбавленной азотной кислотой. В клиниках пертехнетат-анион $^{99m}\text{TcO}_4^{2-}$ извлекают из колонки с помощью стерильного физиологического раствора. По своим свойствам пертехнетат значительно отличается от молибдата и легко вымывается из колонки. В любом случае «проскок» молибдена должен быть сведен к минимуму (по федеральному закону США активность ^{99}Mo в элюате не должна превышать 0,015% от активности ^{99m}Tc). Далее из пертехнетата можно получить самые разнообразные препараты; времени жизни ^{99m}Tc для этого достаточно.

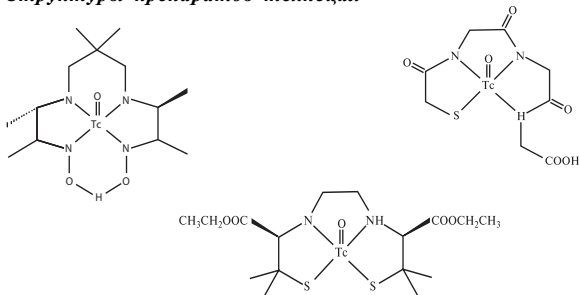
Отмеченное выше разнообразие химии технеция весьма пригодились при синтезе разнообразных фармпрепаратов, содержащих этот элемент и используемых в медицинской диагностике. Технеций способен образовывать прочные комплексы (типа хелатов) с самыми разнообразными соединениями. Реакция идет быстро: достаточно добавить элюированный из колонки пертехнетат к соответствующему препарату. Такие препараты синтезируются на фармацевтических фабриках и поставляются в стерильных флаконах. При их контакте с пертехнетатом последний, как правило, восстанавливается – до Tc(I) , Tc(III) , Tc(IV) или Tc(V) .

В диагностике используются препараты технеция двух типов: простые молекулы, в которых атомы Tc составляют неотъемлемую часть и без которых соединение не будет концентрироваться в нужном месте, либо сложные органические молекулы – антитела, белки, гормоны, меченые атомами технеция. Для этого используют, например, мультидентатный лиганд, в котором одни группы координационно связываются с атомом Tc , а другие образуют ковалентные связи со сложной молекулой.

Одними из первых были синтезированы препараты Tc(IV) , которые давали изображения костей. В них атомы Tc координационно связаны с различными алкилдифосфонатами, например с гидроксиметилendifосфонатом. Такие препараты аккумулируются прежде всего в местах активного роста костей (например, при переломах). Структуры некоторых широко применяемых препаратов показаны на рис. 3.

3

Структуры препаратов технеция

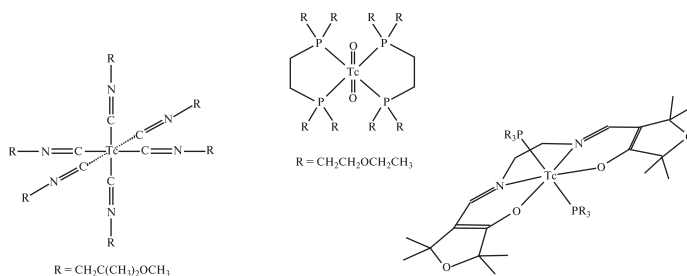


У читателей, знакомых с понятием «горячие атомы», может возникнуть такой вопрос: если атом ^{99}Mo в составе молибдат-аниона $^{99}\text{MoO}_4^{2-}$ превращается в результате β -распада в ^{99m}Tc , то как последний может оставаться в составе оксоаниона $^{99m}\text{TcO}_4^{2-}$? Ведь при распаде возникает мощная «отдача»? В большинстве случаев это действительно так. Например, при α -распаде, когда из ядра с энергией в несколько МэВ вылетает тяжелая частица. Однако в данном случае из молибдат-аниона вылетает примерно в 7800 раз более легкий электрон с энергией 1,23 МэВ. Используя соотношения, известные из теории относительности, можно показать, что этот электрон имеет скорость $v_e = 2,87 \cdot 10^8$ м/с (т. е. $0,957 c_0$), а его масса $m_e = 3,44 m_0$. Теперь по табличным данным о скорости света (c_0) и массе покоя электрона (m_0) можно рассчитать кинетическую энергию ядра: 15,2 эВ (1470 кДж/моль). Энергия возбуждения аниона TcO_4^{2-} меньше; она зависит от соотношения масс Tc и его окружения (4 атома кислорода) и равна $15,2(64/163) = 6,0$ эВ (580 кДж/моль). Это сравнительно немного, и этой энергии не хватит для разрыва всех четырех связей Tc-O (для сравнения, энергия разрыва связи в оксиде молибдена MoO в газовой фазе равна 503 кДж/моль).

Эксперимент

Все оказалось предельно просто. Достаточно было позвонить в Межклиническое радионуклидное диагностическое отделение (далее МРДО) при Московской медицинской академии им. И.М.Сеченова, назвать свою фамилию и тип желаемого обследования. Даже направления не потребовали (мало кто захочет добровольно подвергнуться облучению – пусть и небольшому). Поскольку препарат готовят для конкретного пациента, запись ведется на строго определенное время.

К назначенному времени сотрудник МРДО Наиля Абдулхаликовна Мустафина готовит нужный раствор. В данном случае это был препарат «пирфотех», из названия которого следует, что в нем присутствуют пирофосфат и технеций. Препарат был приготовлен из бесцветного сухого лиофилизата. В нем содержится 1,8 SnCl_2 и 16,2 мг $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Из генератора технеция элюируют 5–10 мл раствора, содержащего ^{99m}Tc с объемной активностью от 185 до 1480 МБк/мл (мегабеккерелей; 1 Бк соответствует одному распаду в секунду). Если активность слишком высока, элюат разбавляют стерильным изотоническим раствором NaCl . Далее раствор с технецием набирают в шприц, вводят во флакон с лиофилизатом и встряхивают до растворения. Получается готовая к применению бесцветная прозрачная жидкость с pH 5,1. Препарат, который приготовлен на основе лиофилизата, содержащегося в одном флаконе, может быть использован для исследования пяти пациентов. Как сообщал висевший на стене плакат, в диагностическом отделении, помимо скелета, можно исследовать щитовидную и паращитовидную железу, сердечную мышцу и работу желудочков сердца





4

Томограф
для сцинтиграфии



ЭЛЕМЕНТ ...

Прошло нужное время, и меня уложили на столик томографа (рис. 4), который поехал в одну сторону, потом в другую, отсканировав меня от макушки до пяток. Заведующий отделением кандидат медицинских наук Сергей Платонович Паша рассказал потом, что при этом происходит. Испускаемые при изомерном переходе $^{99m}\text{Tc} > ^{99}\text{Tc}$ гамма-кванты попадают на сцинтиллятор – монокристалл иодида натрия, активированного таллием. Там они вызывают вспышки света, которые регистрируются 96 фотоумножителями. Монокристаллы толщиной около 1 см и размером 60x40 см делают в Харьковском институте монокристаллов, а томограф американской фирмы «General Electric» собран в Хайфе. Сигнал с детекторов поступает для обработки на компьютер. Чтобы накапливающийся в мочевом пузыре технеций не давал «засветки», этот орган виртуально закрывают непрозрачным экраном, хорошо видимым на снимке.

Осталось привести выданное мне заключение – то, ради чего люди и приходят в диагностическое отделение. Из него видно, какого типа информация может получить специалист в результате исследования. «На сцинтиграммах всего тела, выполненных в передней и задней прямых проекциях, отчетливо визуализируется включение пирофосфата в костные структуры. Накопление индикатора достаточной интенсивности, в парных костных образованиях симметричное. Распределение радиофармпрепарата соответствует возрастной норме. Зоны разреженной костной ткани и/или очаги патологической гиперфиксации индикатора не выявлены. Остаточная радиоактивность в почках и мочевыводящих путях соответствует времени исследования. Атипичная фиксация РФП в паренхиматозных органах и мягких тканях не отмечена. Заключение: признаки очагового поражения костей не выявлены. Врач А.И.Корнев». Как говорили древние, quod erat demonstrandum – что и требовалось доказать.

Что еще можно прочитать о технеции и его применении в медицине:

Л.Л.Зайцева, А.В.Величко, И.В.Виноградов. Соединения технеция и области их применения. М., 1984.

P.T.Buckley, D.L.Dugan, J.T.Elliston, R.H.Filby, J.J.Lessmann, Alena Paulenova. Radioisotopes in medicine: operating a technetium-99m generator and determining its efficiency. J. Chem. Education, 2006, vol. 83, No. 4, pp. 625 – 626.

S.S.Jurisson, J.D.Lydon. Potential technetium small molecule radiopharmaceuticals; Shuang Liu, D.S. Edwards. ^{99m}Tc -Labeled small peptides as diagnostic radiopharmaceuticals. Chem. Reviews, 1999, vol. 99, No. 9 (этот номер целиком посвящен медицинской химии, в том числе и радиоактивным фармацевтическим препаратам).

J.R.Dilworth, S.J.Parrott. The biomedical chemistry of technetium and rhenium. Chemical Society Reviews, 1998, vol. 27, pp. 43 – 55. Эта статья доступна в Интернете: <http://www.rsc.org/ej/CS/1998/a827043z.pdf>

(вентрикулография), почки, головной мозг, мочевой пузырь, легкие, надпочечники. И для каждого исследования готовится свой препарат; помимо пирфотеха, это может быть пертехнетат, технетрил, пентатех, макротех и другие. Из некоторых названий сразу видна область применения. Например, тетрафосмин (MyoView) – для исследования миокарда, пульмоцис (ММА – макроагрегаты альбумина) – легких и т. д. Если человеку ввести внутривенно сначала раствор того же лиофилизата, о котором говорилось выше, а через полчаса – раствор пертехнетата, то при такой методике происходит меченые технецием эритроциты.

Мне ввели 500 МБк. Несмотря на устрашающую цифру (500 миллионов распадов в секунду!), нетрудно было тут же подсчитать, сколько технеция в граммах было в шприце. Времени же было достаточно: сцинтиграфию должны были провести, судя по инструкции, через три часа. Поскольку радиоактивный распад – реакция 1-го порядка, его скорость подчиняется уравнению $W = kN$, где $W = 5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$, N – число атомов, а константа k легко определяется через период полураспада: $k = \ln 2 / t_{1/2} = 0,693 / (6,04 \cdot 3600) = 3,19 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. То есть, в моем организме оказалось $N = W/k = 5 \cdot 10^8 / 3,19 \cdot 10^{-5}$ или $1,57 \cdot 10^{13}$ атомов технеция-99m весом примерно 2,6 нг. Для нерадиоактивных веществ – ничтожно малое, невидимое глазом количество. И понятно, что находящийся в огромном избытке сильный восстановитель – двухвалентное олово немедленно восстанавливает атомы Tc(VII) до более низкой степени окисления, после чего они связываются в комплекс с пирофосфатом.

Пока препарат распределялся током крови по организму и оседал на костях скелета (на это требовалось некоторое время), было время подсчитать и количество технеция, и время его полного распада. Последнее легко сделать, поскольку период полураспада ^{99m}Tc – практически точно четверть суток. Значит, через сутки останется $1/2^4 = 1/16$, через двое суток – $1/2^8 = 1/256$ и т. д. Нетрудно подсчитать и когда в организме останется «последний атом»: $2^n = 1,6 \cdot 10^{13}$, где n – число периодов полураспада, откуда $n = 44$ (11 суток). Однако Наиля Абдулхаликовна сказала, что расчет неверен, поскольку я не учел биологический фактор вывода технеция из организма. Действительно, в «Инструкции по медицинскому применению препарата Пирфотех, ^{99m}Tc (информация для специалистов)» сказано, что после внутривенного введения пирфотех «выводится из крови и накапливается в скелете. Через 1 ч в скелете накапливается более 30% введенного количества. Через 3 ч после инъекции в крови содержится 10 – 15% препарата. Экскретируется из организма мочевыделительной системой. За 1 ч после введения выводится с мочой 30%, за 3 ч – 45% препарата».



Физика и физиология туммо

Кандидат биологических наук
Р.С. Минвалеев

«Тибет, страна снегов... В чистейшем разреженном воздухе невесомо рисуются очертания гималайских вершин. Бездонные ледяные озера, прозрачные, как стекло. Скалы, туман, заснеженные перевалы, девять месяцев в году непроходимые для путников. Удивительные люди живут здесь. Они умеют согреться без огня, идти без усталости по горным дорогам дни и ночи напролет, заклинать злых духов гор и вод, читать мысли, летать по воздуху...»

Подобные фразы встречаются в большинстве популярных рассказов о Тибете и Гималаях. Среди этих фантастических историй одна заслуживает особого внимания хотя бы потому, что не такая уж она и фантастическая. Речь пойдет об искусстве согреться среди снегов без одежды и костра, которое получило название «туммо». Самое подробное его описание принадлежит перу известной французской путешественницы Александры Давид-Неэль, первой европейской женщины, допущенной к тайнам Тибета: «Перезимовать на высоте трех-пяти тысяч метров в пещере среди снегов, будучи облаченным лишь в тоненькую одежду или вообще без таковой, и не замерзнуть – нелегкая задача. Однако ежегодно многие тибетцы успешно проходят это испытание. Такую выносливость они объясняют своей способностью вырабатывать туммо». И



*Александра Давид-Неэль
в одеянии буддийской
монахини*

вот в чем испытание состоит: «Тех, кто чувствует в себе силы выдержать этот экзамен, морозной зимней ночью приводят на берег реки или озера. Если водоем замерз, во льду пробивают прорубь. Испытания устраивают лунной ночью, когда дует сильный ветер – зимой в Тибете такие ночи не редки. Сбросив с себя всю одежду, новообращенные садятся на землю и скрещивают ноги. Каждый обматывает вокруг себя простынь, намоченную в ледяной воде, – ее нужно высушить жаром собственного тела. Как только простыня высохнет, ее опять окунают в прорубь, и ученик снова должен сушить ее на себе. Все это повторяется до рассвета. Побеждает тот, кто высушит наибольшее количество простыней... Могу засвидетельствовать это как очевидец. Ученик должен высушить на себе не меньше трех простыней, прежде чем его признают достойным носить юбку из белой ткани – отличный признак овладевших искусством «туммо»...»

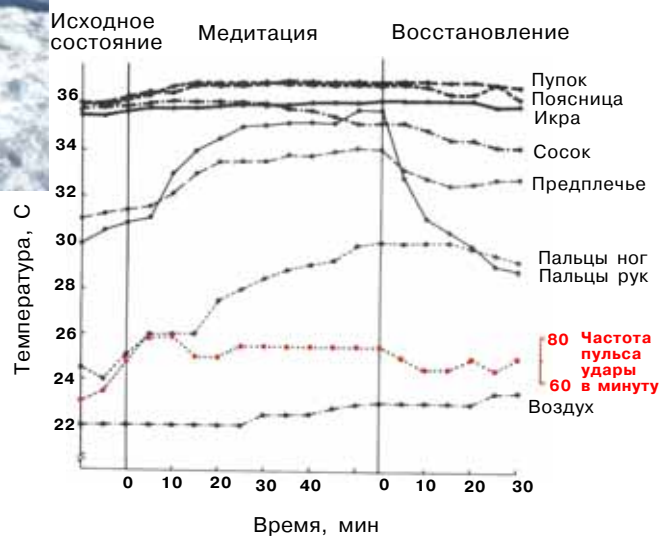
Практически все остальные авторы просто переписывают это единственное подробное описание практики туммо. Ценность свидетельства Александры Давид-Неэль состоит еще и в том, что французская путешественница не была экзальтированной дамой, очарованной тайнами



*Р.С. Минвалеев (слева)
и А.И. Иванов
выполняют практику туммо
на Эльбрусе*



ГИПОТЕЗЫ



1
Изменения кожной и окружающей температуры и частоты сердечных сокращений до, во время и после практики медитации туммо у испытуемого Ven. J. T. (Г. Бенсон, 1981)

мерение температуры кожи в разных местах, а также ректальной температуры (в прямой кишке) – для оценки теплосодержания так называемого ядра тела. Замерялась и температура окружающей среды. Эта характеристика оказалась наиболее информативной («Nature», т. 295, с. 234, 21 января 1982). А именно: все опыты по изучению туммо были проведены при температуре от 16 до 23 градусов... тепла! И это не рождественская шутка, но самое что ни на есть серьезное изложение результатов измерений. И хотя исследования проводились в феврале 1981 года, во всех трех опытах монахи предпочли остаться в относительно теплых помещениях. Профессор Г.Бенсон не скрывает этот факт, предоставляя подробные температурные графики со всех отведений во всех трех опытах, но при этом никак не комментирует такое очевидное несоответствие (рис. 1).

В резюме сообщается только о том, что «эти монахи обладают способностью повышать температуру пальцев рук и ног более чем на 8,3°C». Найденный результат вполне укладывался в концепцию самого Г.Бенсона о «релаксационном ответе», который он описывает как «физиологическое состояние, противоположное стрессу», и претензий к монахам у авторов статьи, видимо, не возникло. Могу предположить: американские ученые не настаивали, а тибетские монахи подумали, что все в порядке. Ведь Г.Бенсон изучал самую что ни на есть Медитацию с большой буквы, которую монахи и продемонстрировали. И это все, конечно, ничего, недостает только одной несущественной мелочи: проверки на холодоустойчивость. Команда Г.Бенсона обнаружила всего лишь банальные результаты аутотренинга в комфортных условиях.

Тем не менее Г.Бенсон не остановился на достигнутом. В 2001 году он добился выделения от фонда семьи Гиннесов скромной суммы в один миллион двести пятьдесят ты-

Тибета. Помимо университетских курсов санскрита и истории Центральной Азии, она прослушала в Париже полный курс лекций выдающегося французского физиолога Клода Бернара, с которого и начинается современная физиология как объективная наука. Возможно, именно поэтому наблюдательная француженка не забывает отметить, что «Респа» – человек, всегда одетый в платье из легкой хлопчатобумажной ткани. При этом само собой разумеется, на нем может быть только один покров. Однако на Тибете нет недостатка в «респа», скрывающих под легкой хлопчатобумажной тканью теплую одежду. Эти обманщики либо настоящие мошенники, стремящиеся провести доверчивых простаков с корыстными целями, либо действительно изучавшие искусство туммо, но слишком недолго, чтобы приобрести прочные навыки». У нас еще будет возможность убедиться, насколько справедливо это наблюдение отважной путешественницы. Все остальные авторы, упоминавшие о практике туммо и респа, как правило, самих монахов непосредственно не наблюдали и в лучшем случае просто дают ссылку на описание Александры Давид-Неэль.

Многие отечественные читатели впервые познакомились с этим явлением, как и вообще с таинственным «учением йогов», в популярнейшем в свое время романе советского писателя-фантаста Ивана Ефремова «Лезвие бритвы». Вспомним также картину Николая Рериха «На вершинах» (в заставке статьи): обнаженный монах-отшельник, под которым тает снег.

Гарвардский проект

В 80-е годы XX века ассоциированный профессор Гарвардского университета Герберт Бенсон получает возможность всесторонне обследовать тибетских монахов, ныне живущих в предгорьях Гималаев. С благословления самого его святейшества Далай-ламы и при поддержке ряда научных фондов Герберт Бенсон с сотрудниками отправляется в отдаленные монастыри для изучения монахов, практикующих туммо.

Найти их оказалось непросто. Мой опыт общения с тибетскими буддистами позволяет предположить, как проходили переговоры. Большинство монахов, с которыми контактировал Бенсон, рассказывали про туммо с неподдельным пиететом, делали акцент на том, что это, дескать, очень сложная медитация, требующая долгих лет обучения. Но заканчивали всегда одинаково: сами они этим не занимаются.

Пришлось вновь обратиться к Далай-ламе. В итоге были найдены трое монахов, по их словам, потративших более шести лет на освоение туммо. Они дали согласие на из-

саяч долларов для изучения необыкновенных способностей тибетцев согреваться на морозе без огня и одежды. Поступившие средства дали возможность привезти трех монахов, владеющих туммо, в поместье Гиннесов в Нормандии для непосредственного изучения их способности противостоять холоду. Произошло это в июле 2001 года. На месте выяснилось, что «владеющие туммо» тибетские монахи не готовы сразу продемонстрировать свои чудесные возможности и им потребуется минимум сто дней «для достижения полной медитативной способности». Все это время они жили в поместье Гиннесов вместе с командой Г.Бенсона, пока один из монахов не получил какую-то глазную инфекцию и не вышел из состава испытуемых. Наконец, в ноябре 2001 года ученые провели необходимые испытания холодоустойчивости (рис. 2). Насколько можно понять из холодного фотодокумента и краткого сообщения в газете Гарвардского университета, «ученые получили ценные данные». Однако по личному признанию Бенсона, «комната была недостаточно холодной для проведения испытаний должным образом». Иными словами, через двадцать лет ученый повторил ту же ошибку, что и в гималайских исследованиях 1981 года, из чего следует, что миллион двести пятьдесят тысяч долларов были потрачены впустую – для науки, разумеется.

Что же дальше? Цитирую газету Гарвардского университета: «Его команда этой зимой попытается еще раз провести опыты с шестью монахами. Они начнут практику в конце лета и будут готовы в самое холодное время зимы». На этом доступные мне сведения о 20-летних исследованиях практики туммо группой профессора Бенсона заканчиваются.

Холодоустойчивость как она есть

Первый вопрос, ответ на который так и не был найден Бенсоном, вполне очевиден: а где она, эта пресловутая холодоустойчивость тибетских монахов? И если такие монахи существуют, то насколько их способности противостоять холоду превосходят возможности рядового европейца, который не практикует буддийскую медитацию?

Известно, что предельную холодоустойчивость изучали в 1942–1943 годах эсэсовские врачи под руководством Зигмунда Рашера в концлагере Дахау. В частности, предметом исследований была и актуальная для нацистов тема холодоустойчивости лиц разных национальностей. Насколько можно понять из доступных нам материалов об этих исследованиях, осужденных на Нюрнбергском процессе в числе прочих преступлений СС, наибольшую устойчивость к холоду проявили именно славянские военнопленные. Может быть, еще и по этой причине эксперименты по предельной холодоустойчивости (уже не преступные) нашли продолжение в СССР. К сожалению, большая часть этих работ засекречена, но даже мимолетное



2

Опыты Г.Бенсона по терморегуляции тибетских монахов

ознакомление с некоторыми из них заставляет позабыть о чудесах тибетских респя.

В 1978 году в журнале «Химия и жизнь» (□ 1) появляется статья кандидата медицинских наук Алексея Юрьевича Каткова «Голод против холода?», где автор – один из пионеров физиологического подхода к изучению йоги – приводит сводку исследований различных феноменов холодоустойчивости, упоминая и практику туммо. Позднее Алексей Катков провел на добровольцах и на самом себе такие исследования подобных явлений, перед которыми блекнут и подвиги тибетских йогов, и все чудеса морозостойкости из Книги рекордов Гиннеса.

Работая на военных и Главкосмос, незадолго до своей трагической гибели на Эльбрусе, А.Ю.Катков выполнил в Институте медико-биологических проблем (Москва) потрясающие эксперименты с участием добровольцев. Удивительные люди – «кролики», как они себя называли, а фактически – супермены советской эпохи, готовые подвергнуть себя испытаниям ради любопытства, смогли выдержать в климатической барокамере не то что предельные, а запредельные условия. Многие участники тех испытаний здравствуют и поныне. Один из них – Борис Коршунов (р. 1935), известный среди покорителей горных вершин как человек-легенда советского альпинизма, семикратный Снежный барс. Предоставим же ему слово:

«Много было исследований для выявления резервов человеческого организма. Расскажу об одном из экспериментов, который проводился в году в 1977 или 1978, точно не помню. Я был в той команде из шести испытуемых... Задача – проверить организм человека на выживаемость при крайне низкой температуре и большой высоте. Нас помещали в барокамеру (высота 7500 м) при температуре -60°C , голыми, на один час... Тепло одетая девушка-врач сидела с нами, фиксировала наши данные. Мы, голые, сидели в самолетных креслах, и при -60°C все волосы на теле, какой бы длины они ни были, вставали дыбом – понятно, что при этом у поверхности тела образовывался промежуточный слой с более высокой температурой. Тогда врач, которая за нами наблюдала, предложила: в камере включить вентилятор два метра в диаметре каждые десять минут для того, чтобы сдувать этот промежуточный слой. Надо сказать, что вот тогда нам пришлось очень тяжело при -60°C и при вентиляторе в течение часа...»

Это интервью появилось на одном из сайтов, посвященных истории российского альпинизма. Мы перепечатаем его почти полностью, поскольку все численные результаты этих уникальных экспериментов достались военным и вряд ли в ближайшее время станут открытыми. Тем не менее кое-что подсчитать возможно. В этом нам помогут уникальные разработки новосибирских теплофизиков: компьютерное моделирование системы термостабилизации человека проводила группа под руководством доктора технических наук Александра Васильевича Чичиндаева.



Алексей
Юрьевич
Катков

Фото предоставил Ю. А. Беркович



Борис Степанович
Коршунов

Как мы остываем?

Считается, что при низких температурах человеческое тело остывает так же, как любое неодушевленное физическое тело, то есть примерно как труп. (Дыхание уносит сравнительно мало тепла, и им можно пренебречь.) Теплоотдача обнаженного тела в состоянии относительного покоя сводится к теплопроводению (конвекции), испарению через потоотделение и тепловому излучению. Потоотделение на морозе останавливается, и потери тепла будут описываться суммой теплоотдачи с поверхности тела за счет конвекции и излучения. Иными словами, организм остывает, нагревая воздух за счет разности температуры между ним и телом, а также излучая тепло в инфракрасном диапазоне. Формулы для количественной оценки этих процессов хорошо известны. Потери тепла за счет проведения описывает закон охлаждения Ньютона: скорость охлаждения тела прямо пропорциональна площади поверхности этого тела и разнице температур тела и окружающей среды:

$$H = C \cdot S (T - T_b),$$

где H – скорость теплоотдачи в ккал/час, T – температура тела (37°C , или $273 + 37 = 310 \text{ K}$ – градусов Кельвина), T_b – температура окружающей среды ($273 - 60 = 213 \text{ K}$), S – площадь поверхности тела (для среднестатистического взрослого ее принимают за $1,8 \text{ m}^2$), C – коэффициент теплоотдачи (для тела человека это примерно 4 Вт/м^2). Теплоотдача конвекцией в таких условиях составит приблизительно 700 Вт , или 600 ккал/ч .

Теплопотери излучением вычисляются по закону Стефана–Больцмана:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S (T_k^4 - T_b^4),$$

где P – теплота, теряемая человеком посредством излучения при взаимодействии с окружающей средой, T_k – средневзвешенная температура кожи, которую примем на нижнем пороге переносимости человеком в 20°C , σ – постоянная Стефана–Больцмана, равная $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{K}^4$, ε – поправочный коэффициент для кожи белого человека, равный приблизительно $0,55$. Теплоотдача обнаженного человека излучением в течение часа при -60°C – примерно 300 Вт , или 250 ккал/ч .

Итого суммарные теплопотери обнаженного человека в рассматриваемых условиях составят около 1000 Вт , или 860 ккал/ч .

В большинстве учебников физиологии в этом разделе упоминают еще теплопотери на нагревание вдыхаемого воздуха. Однако точный расчет количества тепла, необходимого для этого, дает поразительно малые величины. Так, для нагрева $0,5 \text{ л}$ воздуха (средний объем вдоха), от -60°C до $+35^\circ\text{C}$ потребуется всего $0,015$ килокалорий. За час человек вдохнет примерно 500 л , затратив 15 ккал – полтора процента от суммарной теплоотдачи в 860 ккал/ч . Причина этого – чрезвычайно малая удельная теплоемкость воздуха: всего $0,241 \text{ ккал/кг} \cdot \text{K}$.

Как мы греемся?

Подсчитанные теплопотери должны быть скомпенсированы теплопродукцией, иначе наши герои просто не выжили бы. Согласно общепринятым представлениям, тепло производят все клетки организма, поскольку в них идут окислительные процессы. Считается также, что для поддержания постоянной температуры дополнительное тепло вырабатывается:

1) сокращениями скелетных мышц, как произвольными, так и непроизвольными, то есть холодовой дрожью; сократительный термогенез порождает приблизительно 800 Вт ;



ГИПОТЕЗЫ

2) за счет усиления внутренних тепловыделений, не связанных с сокращениями мышц; несократительный термогенез дает примерно 400 Вт .

В некоторых монографиях утверждается, что несократительный термогенез, помимо тепловыделений во внутренних органах, включает в себя и неощущаемую дрожь, то есть осуществляется в основном за счет тех же скелетных мышц. Эти способы должны компенсировать теплопотери обнаженного человека, чтобы не допустить охлаждения так называемого ядра тела ниже $+35^\circ\text{C}$.

Тогда сумма сократительного и несократительного термогенеза составит 1200 Вт (примерно 1000 ккал/ч), что ненамного превосходит теплоотдачу организма при температуре -60°C в течение одного часа.

Иными словами, при приближенных вычислениях все сходится с точностью до принятых допущений. Получается, что никакого чуда тибетские монахи не демонстрируют и адаптированный к холоду человек без всякой многолетней буддийской медитации может выдержать этот на первый взгляд убийственный холод.

Гвозди бы делать из этих людей...

А.Ю.Катков не остановился на достигнутом и незадолго до гибели значительно усложнил условия испытаний, сам став одним из добровольцев. К сожалению, у нас есть только непрофессиональное описание этих экспериментов в том же интервью Бориса Коршунова. Вот их краткое изложение.

В начале ноября испытатели взошли на Эльбрус практически без одежды (в болоньевых куртках) при ураганных ветрах со снегом, который пробивал палатку насквозь так, что за ночь она вся набивалась снегом. Всего провели две такие ночевки. Огонь использовать не разрешили, сухие зерна овса (выданные в качестве сухого пайка и строго рассчитанные по величине физических нагрузок в килокалориях на двое суток) засыпали снегом в пластиковых коробках, которые держали в плавках, чтобы утром съесть оттаявшую и размокшую «кашу». Вечером надо было выпить сырое яйцо, которое на морозе превращалось в ледышку, и его приходилось полночи разогревать во рту.

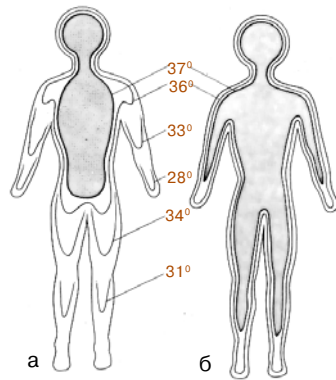
Если читатель думает, что здесь какое-то преувеличение, что это альпинистские байки, то могу вас заверить: на самом деле все было еще экстремальнее. Истинные мотивы этих самоотверженных людей кратко и точно выразил тот же Б.Коршунов: «Мне было крайне интересно, на какой скотине я ежусь. Хотелось знать свою границу возможностей».

Количественная оценка теплопотерь при этом эксперименте практически невозможна, поскольку мы не располагаем какими-либо протоколами испытаний. Одно можно сказать совершенно точно: если бы их результаты были опубликованы, то многие положения современной физиологии терморегуляции пришлось бы пересмотреть. Но об этом чуть позже.

Почему оболочка не может согреть ядро

В 1850 году профессор Берлинского университета Рудольф Клаузиус формулирует один из фундаментальных законов природы: «Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплomu». Этот постулат, известный как второе начало термодинамики в изначальной формулировке Клаузиуса, игнорируется в большинстве работ по терморегуляции теплокровного организма. Дело в том, что повышенная температура у теплокровных животных постоянна только в «ядре» тела. (Именно поэтому таких животных правильно называть гомойотермными – с постоянной температурой.) А ядро это окружено оболочкой периферических тканей, температура которых ниже и в большей степени зависит от окружающей среды, иными словами, на морозе остывает, как и у холоднокровных (пойкилотермных – с непостоянной температурой) животных. Деление тела на ядро и оболочку несколько грубовато, но очень полезно для некоторых качественных и количественных оценок механизмов терморегуляции. На рисунке 3 приведены изотермы, показывающие соотношение гомойотермного ядра тела с температурой 37°C и его пойкилотермной оболочки, температура которой меняется в зависимости от внешней температуры.

Легко видеть, что в условиях холода практически вся скелетная мускулатура находится в области с пониженной температурой, так что, согласно второму началу термодинамики, теплопередача может быть направлена только от ядра тела наружу, к мышцам, а от мышц – к «холодильнику», то есть во внешнюю среду. Из этого следует, что, сколько бы тепла мышцы ни производили, согреть внутренние



3
Температура различных областей тела человека в условиях холода (а) и тепла (б). Затемненная область – «ядро» тела

органы они смогут лишь при наличии теплоизоляционной наружной прослойки. Это может быть мех, шерсть или теплая одежда из той же шерсти или меха, создающие слой воздуха вокруг тела и возвращающие тепло в организм. Для обнаженного человека все тепло, производимое скелетными мышцами, будет уходить на обогрев окружающей среды, но не «ядра» тела.

Итак, сократительный термогенез в мышцах может быть сколько-нибудь эффективен только при наличии теплоизоляции. Именно поэтому известные канадские исследователи холодоустойчивости, Алан Бартон и Отто Эдхолм, авторы классического труда под названием «Человек в условиях холода», называют температуру окружающей среды всего в +2°C абсолютно смертельной для обнаженного человека.

Гомойотермия – это не только теплокровность

Самое интересное, что впервые способность изолированных мышц производить тепло была зафиксирована у лягушки – типичного холоднокровного животного, и до сих пор количественные соотношения между составляющими теплопродукции известны только для мышц земноводных. И хотя неясно, насколько они приложимы к теплокровным животным, в большинстве работ по физиологии терморегуляции подразумевается универсальность этих отношений.

Соответственно после того, как в 1949 году английский физиолог Арчибальд Вивиен Хилл (удостоенный в 1922 году Нобелевской премии «за открытия в области теплообразования в мышце») нашел, что теплопродукция одиночного сокращения портняжной мышцы лягушки составляет 3 мкал/г ($3 \cdot 10^{-3}$ кал/г), именно эта величина в научной литературе стала фигурировать как энергетическая константа одиночного мышечного сокращения, свойственная всем остальным животным, включая человека.

Однако способность мышц лягушки рассеивать энергию в виде тепла не делает ее теплокровным животным. Большинство летающих насекомых также способны производить достаточное количество тепла за счет сокращений летательных мышц. К примеру, шмель весной первым отправляется на сбор нектара, поскольку опухание на теле позволяет ему сохранять вырабатываемое летательными мышцами тепло. А бабочка ванесса, взмахивая крыльями, даже в прохладную погоду, при 10°C, за несколько минут умудряется согреться до 35°C, а во время полета ее температура достигает 37°C, как у теплокровных. Но насекомые не способны поддерживать постоянную температуру тела, что и называется гомойотермией.

Суть гомойотермии состоит не в том, что мышцы теплокровных животных производят больше тепла, чем у лягушки, а в принципиально иной схеме реагирования на изменения температуры окружающей среды. У холоднокровных животных при понижении внешней температуры обмен веществ падает, и активность животного уменьшается вплоть до полного анабиоза. Именно поэтому вы можете безбоязненно засунуть свою голову в пасть крокодилу при условии, что предварительно его часа три продержат в холодильнике. Но стоит только крокодилу отогреться, и он тут же оторвет вам голову.

Совсем иная реакция у теплокровных животных и человека: при повышении температуры среды обмен веществ у них должен снижаться, а при понижении температуры – наоборот, увеличиваться для выработки большего количества тепла. Вопрос только в источнике этого дополнительного тепла, который в большинстве работ по физиологии терморегуляции принято связывать с мышечным термогенезом, как сократительным, так и несократительным («неощущаемой дрожью»).

Как мы уже выяснили, это противоречит второму началу термодинамики. Мышечная и соединительнотканная оболочки принципиально не могут согревать ядро и в лучшем случае исполняют роль теплоизолятора. Для этого и предусмотрены сосудодвигательные реакции холодной адаптации, резко снижающие периферийное кровоснабжение, что в самом деле значительно снижает теплоотдачу. Но для обнаженного человека, выставленного на мороз с пронизывающим ветром, голая оболочка – явно плохой теплоизолятор. Если какой-то источник и может согреть «ядро» тела человека, то он должен находиться глубоко внутри. В качестве возможных органов внутренней теплопродукции часто называют печень, кишечник и бурый жир. Однако прикидочные расчеты доказывают: их недостаточно для покрытия теплопотерь обнаженного человека в условиях пронизывающего холода.

Так мало бурого жира

За последние 50 лет появилось много сообщений о чрезвычайно высокой терморегуляторной активности бурой жировой ткани. Она представляет собой разбросанные по организму скопления жировых клеток бурого цвета. В заметных количествах бурый жир встречается только у млекопитающих и, в отличие от обычного белого жира, который окисляется в печени, окисляет свои составные



части (жирные кислоты и глицерин) в собственной клетке, причем практически вся энергия окисления идет на образование тепла. Бурый цвет он имеет из-за обилия митохондрий, в которых и происходит интенсивное окисление жиров. Именно бурый жир позволяет животным плавать в холодных морях или выживать в условиях зимней спячки. Кроме того, большие скопления бурого жира спасают детенышей млекопитающих от переохлаждения вследствие резкой смены температур при рождении. Этот же механизм недрожательного термогенеза в бурой жировой ткани найден и у человеческих новорожденных. К сожалению, у взрослого человека относительная масса бурой жировой ткани составляет едва ли 1% от массы тела, и точный расчет максимально возможного вклада теплообразования в буром жире доказывает, что диффузия тепла от него сможет повысить температуру всего тела едва ли на 0,05°C (при условии предельно допустимой внутриклеточной температуры в 42°C). Очевидно, для человека бурый жир нельзя рассматривать как эффективный источник тепла при защите от холода. Запомним эту замечательную способность жиров служить субстратом для прямой теплопродукции у млекопитающих – скоро она нам пригодится.

Для полноты изложения рассмотрим еще печень, которой также приписывают значительный вклад в теплопродукцию. Однако ее относительная массовая доля незначительна, превосходит количество бурого жира в организме человека: средняя масса печени в 1,5 кг составляет едва ли 2% от массы среднестатистического человека весом в 70 кг. И хотя температура в печени действительно на два-три градуса больше, но этим и ограничивается тепловой напор, необходимый для нагревания «ядра» тела. Слишком мала разница температур внутри и вне печени и слишком мала объемная скорость кровотока через нее. То же можно сказать и о теплопродукции в кишечнике. Приближенные расчеты доказывают, что тепловыделения в одной только брюшной полости явно недостаточно для поддержания гомеотермии, особенно при -60°C.

А вместо легких – пламенный мотор

В 1960 году в издательстве Академии наук СССР вышла монография отечественного биофизика австрийского происхождения, старшего научного сотрудника Института биофизики АН СССР, Карла Сигизмундовича Тринчера под весьма замысловатым на первый взгляд заголовком «Теплообразовательная функция и щелочность реакции легочной ткани». Опасения автора, давшего своей книге несколько завуалированное название, были не беспочвенны. Хорошо известна роль дыхательных путей и легких в охлаждении перегретого собственным теплом гомеотермного организма. Ближайший пример: собака в жару часто дышит, высунув язык, что и спасает от перегрева одетое в шубу животное, лишенное потовых желез. Но вот участие легких в теплопродукции – явление, фактически открытое К.С.Тринчером, – физиологи игнорируют до сих пор.

Исследуя судьбу жиров, поступивших в организм теплокровных животных, К.С.Тринчер останавливается на давно известном факте: при прохождении крови через легкие, то есть в малом круге кровообращения, из нее извлекаются жиры. Это открытие сделали почти сто лет назад французские физиологи Л.Бине и М.Роже. С тех пор был накоплен огромный экспериментальный материал и уточнено, какие именно жиры, жирные кислоты и жиробразные вещества (включая холестерин) окисляются в легких. Заинтересованный читатель может прочесть об этом в заметке К.С.Тринчера «Мороз горячит кровь (тер-



мостатирующая функция легких)» в журнале «Химия и жизнь» (1973, □ 1). Это была практически последняя попытка отчаявшегося ученого привлечь внимание академической общественности на найденные им доказательства прямого неферментативного окисления жиров в легочных альвеолах. В последних работах на родном немецком языке, будучи уже профессором Венского университета, он называл это явление прямым словом Fettverbrennung – «сжигание жира». И в самом деле, как еще можно назвать окисление жиров внутри альвеолярного пузырька до углекислого газа и воды? Разумеется, многие вопросы пока остаются без ответа. Где именно происходит это «сжигание» жиров? Внутри альвеолярного пузырька или на границе фаз? Что «поджигает» эти жиры? Выражаясь академическим языком, здесь необходимы дополнительные исследования, которые тогда, в середине XX века, еще не имели соответствующего инструментального обеспечения, да и не были поддержаны большинством коллег К.С.Тринчера. Такое положение сохраняется до сих пор. Но не будем углубляться в академические споры, фактически похоронившие эти интереснейшие разработки, а просто попробуем разобраться.

И в самом деле, именно легкие, через которые за короткое время проходит вся масса циркулирующей крови, – наилучший претендент на роль подогревателя, поддерживающего температурный гомеостазис. В условиях жары легкие будут охлаждать кровь, а в условиях холода, наоборот, согревать ее. Существенное преимущество легких как главного органа теплопродукции состоит еще и в том, что в легочном пузырьке (внутри альвеолы) нет физико-химического запрета на превышение предельно допустимой температуры внутриклеточных окислений (не более 42°C – температуры сворачивания белка), прежде всего благодаря эффективному отводу тепла по малому кругу кровообращения. Аналогичным образом объясняется феномен «огнехотства»: нарушенный кровоток в стопе отводит тепло от раскаленных углей, не допуская теплового повреждения тканей. Именно поэтому, кстати, невозможно прожечь полиэтиленовый пакет, наполненный водой.

Тогда нагретая в легких кровь, как подогретый жидкий теплоноситель, подается в «оболочку» тела для ее немедленного разогрева, препятствуя преждевременному переохлаждению конечностей теплокровного животного. Другими словами, так реализуется гемодинамическая терморегуляция теплокровного организма. При этом мощность термогенеза в легких должна быть значительно выше, чем у сократительного и несократительного термогенеза.

А как же туммо?

Вот теперь мы можем вернуться к таинственной практике тибетских йогов. Именно эта нереспираторная (недыхательная) функция легких и позволяет нам свободно дышать на лютном морозе, поскольку холодный воздух согревается одновременно с кровью за счет внутрилегочного окисления жиров, выделяющих тепло, углекислый газ и воду, которую мы и видим на холоде в виде привычных клубов «пара».



5

Слева направо: Иванов А.И.,
Минвалеев Р.С., Архипова И.В.
Справа налево: Демин А.В., Васильев А.К.



ГИПОТЕЗЫ

Впрочем, наиболее существенный из научных результатов К.С.Тринчера состоит даже не в том, что он теоретически и экспериментально доказал факт неферментативного окисления жиров в легких, но в нахождении условий, вызывающих этот процесс. Обнаружив при острой кровопотере у экспериментальных животных повышение температуры внутри легких, К.С.Тринчер перечисляет и находит экспериментальные подтверждения прочих условий, при которых запускается внутрилегочный термогенез (рис.4).

В установлении такого рода закономерностей и заключается главная задача науки. Явления, на первый взгляд никак не связанные друг с другом, оказываются объединенными в одной новой, доселе неизвестной закономерности, в данном случае



4
*Схема запуска
внутрилегочного
термогенеза
по К.С. Тринчеру
(1991)*

описываемой всего одним словом – «гипоксемия», пониженное содержание кислорода в крови. Оно запускает термогенез в легких не только на холоде, когда гипоксемический сигнал порождается спазмом периферических сосудов, но и во время физической работы, когда мышцы, активно потребляющие кислород из крови, быстро создают все тот же самый гипоксемический сигнал, запускающий процесс теплопродукции в легких. Вот почему, разогретые до пота, мы скидываем одежду на морозе, чтобы удобнее было колоть дрова. На всякий случай повторим еще раз: мышечный (сократительный) термогенез, который считался ответственным за повышенную теплопродукцию во время интенсивной физической нагрузки, отправляет все вырабатываемое тепло на обогрев окружающего морозного воздуха, но никак не внутреннего «ядра» тела. А вот вызванный рабочей гипоксией термогенез в легких разогревает нас в любых условиях – и на холоде, и тем более в жару.

Туммо в режиме автоэксперимента

Теперь уже можно разобраться в таинственной практике туммо без привлечения тибетских учителей. Для решения этой задачи собрался неформальный научный коллектив (рис. 5). Развивая термодинамический подход К.С.Тринчера, питерский математик Анатолий Иванович Иванов из научной школы проф. Вл.И.Зубова создал термодинамическую модель легочного термогенеза. Из нее следует, что с понижением температуры окружающей среды температура в легких, как главным органе теплопродукции, может значительно возрасть. Физиолог Артем Валерьевич Демин, научный сотрудник московского Института медико-биологических проблем, ранее изучавший эффекты барсучьего жира и легочный термогенез при

пищевых нагрузках, на свои средства организовал переводы индийских и тибетских текстов закрытых традиций, посвященных йоге внутреннего огня. Переводы, выполненные востоковедом Алексеем Константиновичем Васильевым (биофизиком по первому образованию), позволили в деталях освоить набор физических и дыхательных упражнений, необходимых для значительного увеличения собственной теплопродукции.

В результате математик А.И.Иванов и автор этой статьи достигли такого управления собственной теплопродукцией, что 31 января 2007 года в Токсове под Санкт-Петербургом при температуре -20°C высушивали на себе мокрые простыни, повторив тибетские испытания на холодоустойчивость, описанные Александрой Давид-Неэль. Уникальный эксперимент зафиксировала на видео съемочная группа киностудии исторического фильма «Фараон» во главе с Ириной Владимировной Архиповой. Она же организовала две научно-исследовательские экспедиции в рамках авторского проекта «В поисках утраченных знаний», направленного на поддержку отечественной науки. Первая, посвященная памяти проф. Вл.И.Зубова, в июле 2007 года отправилась на Эльбрус, вторая – в мае 2008 года в Гималаи. Мы изучили, как высотная гипоксия и практика повышения теплопродукции влияют на липидный профиль крови. У всех испытуемых с подъемом на высоту, при постоянной практике повышения теплопродукции, снижался уровень атерогенных жиров и холестерина. Кроме того, у них резко уменьшалось содержание в крови главного стрессового гормона кортизола. Это подтверждает, что такой метод повышения холодоустойчивости не включает механизмы стрессовой адаптации.

На весну 2009 года запланирована очередная экспедиция в Гималаи, где мы надеемся найти хотя бы одного монаха, владеющего туммо, для проведения совместных испытаний. Мы все больше убеждаемся, что эта легендарная практика – не чудо, а выработанный веками метод противостояния холоду. Его вполне могут применять люди опасных профессий (военные, сотрудники МЧС, альпинисты) для значительного повышения холодоустойчивости. Да и лечебные эффекты почти забытых ныне горных санаториев в свете наших исследований приобретают весьма интересные перспективы для лечения и профилактики таких серьезнейших заболеваний, как атеросклероз и даже туберкулез. Об этом мечтал еще К.С.Тринчер, когда пытался достучаться до отечественных фтизиатров. Но это уже совсем другая история.

Что еще можно прочитать о терморегуляции и туммо:
Давид-Неэль А. Магия и тайна Тибета. Пер. с англ. В.Ковальчук. – К.: София, 2003; М.: София, 2003.

Барто А., Элхольм О. Человек в условиях холода. Пер. с англ. – М.: Издательство иностранной литературы, 1957.

Тринчер К.С. Теплообразовательная функция и щелочность реакции легочной ткани. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.

Иванов А.И., Савельев Е.В. Математическая модель термогенной функции легких в условиях низких температур. Термодинамический подход // Спортивна медицина (Украина), 2008, □ 1.

Миссия Форума - содействие развитию инновационных процессов в России, международного научно-технического и делового сотрудничества.



Форум является одним из крупнейших мероприятий инновационной направленности в России. Ежегодно в Форуме участвуют более 500 компаний из 40 регионов РФ и 20 стран ближнего и дальнего зарубежья.

21-24 апреля 2009 года
Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



10 ЮБИЛЕЙНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА **ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ** HIGH TECHNOLOGY OF **XXI** **ВЕКА**

Организаторы:

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
Институт экономики и комплексных проблем связи ОАО «ЭККОС»
Российский фонд развития высоких технологий
Московская торгово-промышленная палата
Московская ассоциация предпринимателей
Министерство промышленности и науки Московской области
ЗАО «Экспоцентр»

Под патронатом

Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

Устроитель - ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

тел.: + 7 (495) 332-35-95, 332-36-01, 331-23-33
e-mail: vt21@vt21.ru

www.vt21.ru

Приглашаем принять участие в мероприятиях Форума:

■ 10-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА»

Тематика экспозиции:

нанотехнологии и новые материалы
биотехнологии и медицина
энергетика и экология
авиационно-космические технологии
телекоммуникационные системы
информационные технологии
радиоэлектроника
лазерные технологии
машиностроение

Выставочные салоны:

«Hi-Tech-МЕГАПОЛИС»
«НАУКОГРАД»
«ТЕХНОПАРК»
«Hi-Tech-НАУКА»

Специализированные выставки:

«НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»
«ЭНЕРГИЯ XXI – 2009»
«НЕОГЕОГРАФИЯ XXI – 2009»

■ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ – СТРАТЕГИЯ XXI ВЕКА»

■ КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА

■ БИЗНЕС-КЛУБ

■ ПРЕЗЕНТАЦИИ



ТПП РФ





*Зачем светятся
щупальца скабеллид,
неясно*

Флуоресценция как способ общения в океане

М. В. Матц

Университет Техаса, Остин (США)

Ежегодно выходит несколько тысяч научных работ, в которых в качестве внутриклеточной метки используется флуоресцентный белок из медуз или кораллов. Трудно переоценить значение этих методов для современной молекулярной и клеточной биологии. Лучшее свидетельство тому — Нобелевская премия этого года по химии за зеленый флуоресцентный белок GFP (см. статью в этом же номере).

Мой интерес к флуоресценции тоже начался с поиска таких белков для биотехнологических применений. Совместно с лабораторией Сергея Лукьянова в Институте биоорганической химии РАН мы открыли многоцветные флуоресцентные белки в кораллах и родственных организмах (о GFP-подобных желтых, оранжево-красных и нефлуоресцентных пурпурных белках «Химия и жизнь» писала в □ 8 за 2005). Но, несмотря на огромное количество работ, в которых флуоресцентные белки используются как инструменты, их собственная биологическая функция остается неясной. В этой статье я попытался обобщить

разрозненные данные о флуоресценции морских организмов в форме нескольких рабочих гипотез. Возможно, систематический взгляд на это удивительное явление природы позволит выявить перспективные направления для будущих исследований.

Флуоресценция, в отличие от люминесценции (испускания света в результате химической реакции), — это изменение цвета светового потока, при котором определенные длины волн не только поглощаются, но и преобразуются в другие. Например, зеленая флуоресценция преобразует синий свет в зеленый, красная флуоресценция — зеленый в красный. Такой способ создания цветового сигнала особенно удобен, когда естественное освещение содержит ограниченный диапазон длин волн: флуоресценция может «создать» новый цвет, который будет резко выделяться на общем фоне. Именно таково освещение в океане: на глубине

свыше 5–10 м световой поток заметно обеднен длинноволновыми частями спектра. Как хорошо известно тем, кто погружался с аквалангом, свет в подводном мире синий.

В подавляющем большинстве групп морских животных, от кишечнополостных до позвоночных, встречается флуоресценция. Накопленные наблюдения позволяют предполагать, что она нужна им для создания контрастного визуального сигнала, который выполняет практически все те же роли, что и нефлуоресцентное окрашивание у наземных организмов: отпугивание





Флуоресценция небольшой гидромедузы из Гольфстрима: зеленая флуоресценция щупалец может служить для привлечения жертв — мелких планктонных рачков и (или) для отпугивания хищника. Красная флуоресценция в кишечнике медузы вызвана хлорофиллом, содержащимся в водорослях-симбионтах, и, скорее всего, не несет функциональной нагрузки



ГИПОТЕЗЫ

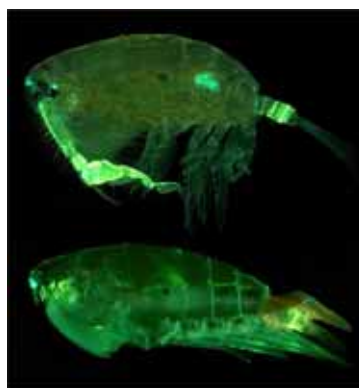
хищника, привлечение полового партнера, привлечение жертвы и даже, как это ни парадоксально звучит в применении к флуоресценции, маскировочная (маскирующая) окраска. К сожалению, на данный момент практически нет экспериментальных данных, подтверждающих подобные предположения. Но то, что уже известно, заставляет задуматься.

Очевидно, не всякая подводная флуоресценция имеет глубокий биологический смысл. В состав кожных или хитиновых покровов животного могут входить низкомолекулярные вещества, которые флуоресцируют просто потому, что таковы их свойства. Функциональную флуоресценцию можно отличить от нефункциональной по трем признакам. Если флуоресценция возникла не случайно, а зачем-то нужна животному, то она, во-первых, достаточно яркая, во-вторых, в ее спектре есть четкие пики или один пик испускания (это означает, что имеется определенный пигмент, выполняющий некую функцию), и в-третьих, животное, скорее всего, не окрашено равномерно — свечение образует сложную расцветку.

Самый распространенный тип флуоресценции в океане — зеленая флуоресценция кишечнорастворимых. У этих

животных флуоресцентная окраска, как правило, сосредоточена в органах, отвечающих за схватывание жертвы, например в щупальцах или ротовых придатках медуз. Можно предположить, что флуоресценция служит для привлечения жертвы. Не исключено, что на световую «приманку» реагируют некоторые динофлагелляты — одноклеточные фотосинтезирующие водоросли. Но поскольку добыча медузы — это в основном планктонные ракообразные, зрительные способности которых весьма ограничены, вероятно, следует говорить о пропадании реакции избегания при контакте с флуоресцентным органом. Рачки плывут в сторону, когда натываются на что-либо, но эта реакция подавляется, если они «ослеплены» свечением.

Есть и альтернативное объяснение: зеленая флуоресценция может служить отпугивающим сигналом, особенно если она сосредоточена в органах, которые способны быстро сокращаться, как те же щупальца гидромедуз.



У веслоногих рачков самец (сверху) и самка светятся по-разному



*Бородатый огненный червь *Nermodice sarunculata*, по всей видимости, использует флуоресценцию в качестве предупреждающей окраски (а — обычное освещение, б — флуоресцентная оптика)*

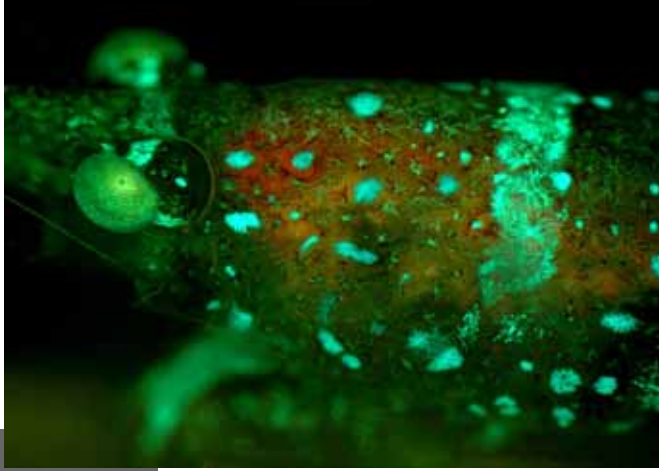
Зеленый пигмент при этом резко концентрируется, и свечение из еле заметного становится ярким. Косвенным образом подтверждает это объяснение тот факт, что во многих биолюминесцентных организмах флуоресцентный пигмент связан со светопродуцирующим белком и служит для изменения цвета сигнала. (Именно так у медузы эквории белок экворин обесцвечивает биолюминесценцию, а GFP превращает его синий свет в зеленый.) Если принять, что основная функция биолюминесценции кишечнорастворимых — отпугивание, то зеленый свет для этих целей подойдет лучше, чем неизменный синий. В таком случае представляется весьма вероятным, что отпугивающая зеленая флуоресценция — «дневной аналог» биолюминесценции, при которой свечение запускается самим организмом, а не возникает под действием внешнего облучения, и поэтому возможно даже в полной темноте. Не исключено также, что зеленая флуоресценция может выполнять обе эти функции — и привлечение жертвы, и отпугивание, — в зависимости от экологического контекста.

Почти наверняка используют флуоресценцию для отпугивания колониальные полихеты, или многощетинковые черви рода *Dodecaceria* (семейство *Cirratulidae*). При механическом раздражении, например при нападении на колонию хищника, эти животные выбрасывают яркую зеленую флуоресцентную жидкость практически из любого места тела. Конечно, не исключено, что эта жидкость попросту ядовита или неприятна на вкус, а флуоресценция — лишь побочный эффект. Но есть и еще одно наблюдение, которое указывает на отпугивающую роль секреторируемой зеленой флуоресценции у полихет. У многих представителей планктонного семейства *Alcyoridae* имеются чернильные мешки, выбрасывающие темную жидкость при механическом раздражении, очевидно, чтобы дезориентировать хищника (аналогичным образом отвечают на возможное нападение гребневика). Но среди них есть, по крайней мере, один вид, у которого содержимое мешков — не темное, а флуоресцентное зеленое.



ГИПОТЕЗЫ

Все фото автора

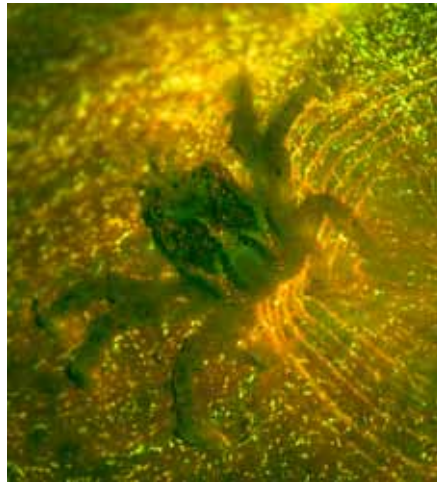


Ярко флуоресцируют зеленым венчики щупалец у некоторых видов многощетинковых червей Sabellidae, которые обитают в трубках, прикрепленных ко дну. Но хотя щупальца у этого семейства, как и у кишечнополостных, — основной орган добывания пищи, вряд ли они привлекают добычу таким образом. Их пища — мелкие организмы, которые в подавляющем большинстве зрением не обладают.

Пожалуй, самая флуоресцентная из всех полихет — «огненный червь» *Hermodice carunculata*. Это крупное животное часто можно встретить на рифах Карибского бассейна. Червь неспешно ползает по поверхности кораллов, которыми он питается, не скрываясь, в прямой видимости у многочисленных рыб, населяющих риф. Дело в том, что этот червь обладает весьма эффективным защитным механизмом: он выставляет в сторону нападающего огромное количество очень тонких, острых и легко отделяющихся щетинок, которые проникают сквозь кожные покровы и способны вызвать сильное и долгое раздражение. Защита подобного рода у наземных животных, как правило, ассоциируется с предупреждающей окраской. И действительно, *H. carunculata* демонстрирует очень яркую и весьма контрастную флуоресценцию спинной поверхности тела: жаберные отростки пароподий у него зеленые, в то время как собственно спинная поверхность — красная. Естественно предположить, что в этом случае флуоресценция играет роль предупреждающей окраски: цветовые сигналы заменены световыми.

Здесь уместно вспомнить и зелено-оранжевую флуоресценцию спинной поверхности у некоторых голожаберных моллюсков. Эта группа животных хорошо известна своей яркой окраской, предупреждающей об их несъедобности, но большая часть их, однако, не флуоресцирует.

Флуоресценция широко распространена и среди ракообразных. Возможно, самые яркие (во всех смыслах слова) ее примеры — некоторые веслоногие рачки семейства Pontellidae. Эти крупные для своего отряда животные,



Мелкий краб с флуоресцентными пятнами на панцире, на своем естественном субстрате — ярко-флуоресцентном звездчатом коралле Montastrea cavernosa. Возможно, флуоресценция краба служит маскирующей окраской

населяющие приповерхностный слой воды в открытом океане, часто сочетают интенсивную синюю нефлуоресцентную окраску с такой же эффектной флуоресценцией, варьирующей по цвету от сине-зеленого до желтого. Дамы и кавалеры светятся по-разному: у самца одна из антенн огромная, узловатая и ярко флуоресцирует желтым — она предназначена для привлечения партнерши. Тело самца также светится, но значительно слабее. Тут можно провести аналогию с манящими крабами (клешня у них, конечно, не флуоресцентная, а окрашенная в контрастные красно-белые цвета, но выполняет именно эту задачу). У самки флуоресцентно все тело и особенно абдоминальные сегменты, к которым самец, если сумеет понравиться, прикрепляет сперматофор.

Можно с большой долей уверенности предполагать, что флуоресценция у понтеллид служит для внутривидовой коммуникации, то есть в данном случае это своего рода брачный наряд. В пользу этой гипотезы говорит и тот

Крупный план саргассовой креветки (флуоресцентная оптика) — пример флуоресценции как стандартного компонента цветной окраски.

Хорошо видны типичные для ракообразных разветвленные хроматофорные клетки, содержащие два оттенка флуоресцентных зеленых пигментов и нефлуоресцентный коричневый

факт, что среди всех веслоногих рачков они обладают одной из самых замысловатых зрительных систем.

Вероятно, аналогичную задачу выполняют флуоресцентные метки на придатках антенн у некоторых представителей раков-богомолов (отряд Stomatopoda). Не случайно эти крупные и очень быстрые хищники — чемпионы животного мира по цветовому зрению: светочувствительные клетки их глаза позволяют различать до десятка различных основных цветов, в то время как человек различает всего три.

Флуоресцентная окраска нередко встречается и у мелких представителей десятиногих раков (Decapoda) — креветок и крабов, живущих на кораллах или саргассовых водорослях. Особи одного вида могут флуоресцировать несколькими цветами, от сине-зеленого до красного, в сочетании с нефлуоресцентной пигментацией. Как и нефлуоресцентные пигменты, флуоресценция сосредоточена в хроматофорных клетках типичной для ракообразных разветвленной формы. Трудно с уверенностью сказать, зачем она нужна — так же как и обычная окраска, она может служить различным целям. Но не исключено, что именно у них флуоресценция «работает» маскирующей окраской.

Самую яркую и разнообразную флуоресценцию во всем животном мире, бесспорно, демонстрируют рифообразующие кораллы (Scleractinia). К сожалению, в короткой статье я не имею возможности отдать должное этому замечательному явлению природы. Скажу лишь, что, хотя его начали изучать сравнительно давно, ясности в этом вопросе по-прежнему нет.

В заключение отмечу еще раз, что сегодня основная проблема в изучении океанической флуоресценции — отсутствие экспериментальных данных в пользу той или другой гипотезы о ее возможной функции или функциях. Не вызывает сомнения, однако, что флуоресценция морских организмов представляет собой крайне интересный феномен.



Микромир для всех

Получение цифрового изображения микроскопических объектов до недавнего времени было процессом трудоемким и дорогостоящим — для этого требовались уникальное оборудование и высокая квалификация. Сейчас все стало гораздо проще и доступнее. В специализированных магазинах продаются и цифровые насадки для обычных оптических микроскопов (рис. 1), и «настоящие» компактные цифровые микроскопы, подключаемые к USB-порту компьютера (рис. 2, 3). При помощи подобной техники можно получать цифровые изображения с увеличением до 600 раз (рис. 4). Это очень интересно для детей, увлекающихся естественными науками, да и взрослым такая игрушка пригодится.

Кандидат физико-математических наук

П.В.Морозов



1
Цифровая USB фото/видеокамера — насадка WEBBERS MYscore 500M для оптических микроскопов

Технические характеристики:

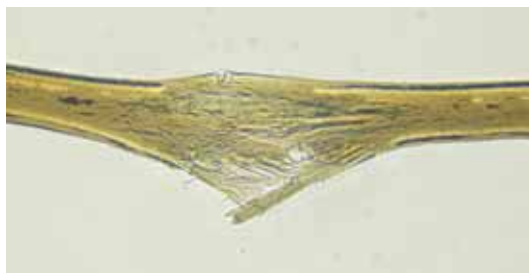
- чувствительный элемент: 5 Мегапикселей;
- МАХ разрешение (фото): 2592x1944;
- МАХ разрешение (видео): 2592x1944 (2 кадра/с)

4
Изображения, полученные с помощью цифровых микроскопов

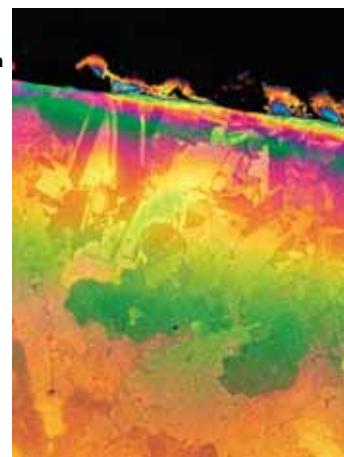


кристаллы

человеческий волос



коррозия металла



2
Цифровой USB микроскоп ANMO AM211

Технические характеристики:
- разрешение: 640x480 пикселей;
- увеличение: до 200x

3
Цифровой USB микроскоп ANMO AM451

Технические характеристики:
- разрешение: 1,3 Мегапикселя;
- увеличение: до 600x

«Семь Пядей» — первая в России сеть магазинов и интернет-магазин умных развлечений. Здесь вы найдете интеллектуальные наборы, конструкторы, наборы для исследований, сборные модели, наборы для творчества, настольные игры, развивающие игрушки и многое другое.

Сеть магазинов «Семь Пядей» — официальный дистрибьютор компаний «ANMO», «Qiddycome», «Gakken», «Gigo», «Maxitronix», «Capsela», «Sky-Watcher», «Optitech», «Lyonaees» и «Bornimago».

Первый магазин с торговой маркой «Семь Пядей» был открыт в 2006 году, сегодня в России работают десять магазинов.

Москва (495)363-01-90;
Санкт-Петербург (812) 333-17-17;
Нижний Новгород (831) 218-54-63

<http://www.7pd.ru>

БОЛЬШОЙ ВЫХОД

Около 360 млн. лет назад, в конце девонского периода, на сушу ступила лапа позвоночного. Это были амфибии – первые из тетрапод (четвероногих).

Предками амфибий были кистеперые рыбы, которые перед выходом на сушу претерпели значительную «реконструкцию». Они обзавелись легкими и малым кругом кровообращения, по которому к легким поступала кровь и утекала обратно в сердце, а само сердце стало трехкамерным – появилось еще одно предсердие, в которое поступает обогащенная кислородом кровь. Вместо мускулистых плавников у амфибий появились рычажные конечности, имеющие два сустава. Такие конечности служили опорой телу и двигали его вперед и назад. Земноводным также понадобились подвижная голова (на суше неудобно поворачиваться всем телом) и подвижный язык, которым можно проталкивать добычу к пищеводу. Кроме того, предки амфибий развили себе обоняние и великолепный вестибулярный аппарат.

Очевидно, что все упомянутые приспособления для сухопутной жизни должны были возникнуть еще в воде. Ведь, оказавшись на суше, выработать воздушное дыхание уже поздно. Но зачем рыбе понадобилось дышать воздухом? И что это за условия, в которых водное существо могло превратиться в земноводное?

Современное естествознание дает официальный ответ на этот вопрос, но ответ неточен. Иным он и не может быть. Эволюционные преобразования занимают сотни тысяч лет, поэтому ни наблюдать их, ни воспроизвести в лаборатории нельзя. Можно лишь строить предположения на основании палеонтологических данных и тех сведений, которые современная наука имеет о девонском периоде.

Светлый путь

По резонному мнению многих эволюционистов, путь из воды на сушу лежит через мелководье. А мелкой воды в девоне было сколько угодно. В конце силурийского – начале девонского периодов часть суши опустилась, и во множестве возникли внутренние водоемы: довольно обширные, неглубокие и хорошо прогреваемые. По берегам они густо заросли гигантскими псилофитами, хвощами и папоротниками. Климат в девоне установился засушливый и континентальный, с выраженной сменой сезонов. При засухе и в холодное время года растительность отмирала и попадала в ближайший пруд, а в теплое время года там же гнила. Поэтому каждое лето в таких водоемах не хватало кислорода, и местным рыбам приходилось плохо. Стали они всплывать, чтобы глотнуть воздуха, а потом и вылезать на бревна и камни, потому что дышать воздухом можно и через кожу. У рыб была еще одна причина выбраться на берег: их выгоняла нехватка воды. Засушливым девонским летом мелкие

Девонский пейзаж



водоемы регулярно пересыхали, и некоторые рыбы, желая остаться в воде, ползли на поиски ближайшей лужи.

Особыми успехами в этих странствиях отличались мелководные кистеперые рыбы из отряда рипидистий, обладатели парных лопастеобразных мускулистых плавников. В конце концов параллельно с жабрами у них возникли легкие, которые со временем приняли на себя основную функцию дыхания, а из плавников развились лапы.

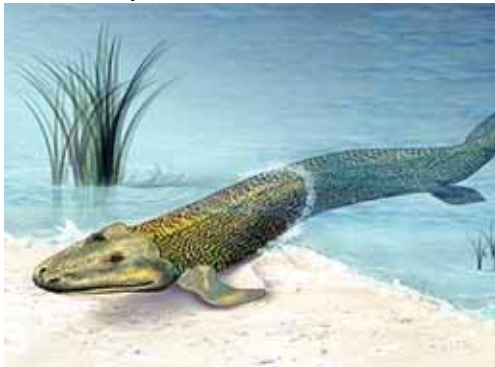
В воздушной среде предки амфибий закусывали, сбивая пролетающих над водой насекомых. Для этого им пришлось научиться задирать голову и глотать пищу «всухомятку», а не всасывать ее с водой. (Недавно бельгийские ихтиологи обнаружили, что кормиться подобным образом могут африканские сомики, иногда выползающие на бережок. Они ловят наземных насекомых, изгибая шею, прижимают добычу к земле и втягивают в рот.)

А вот развитое обоняние, видимо, водное приобретение. Вы спросите, что нюхать обитателю зловонного водоема? Ну, во-первых, не всегда там плохо пахло, а во-вторых, пахло не только гнилью. Мелководные рипидистии были подстерегающими хищниками, довольно неповоротливыми. Чтобы поймать добычу, нападать надо было внезапно, вот они и прятались в укрытии, приноживались – не плывет ли кто? У многих рыб очень хорошее обоняние, но обонятельный орган расположен во рту, поэтому им приходится все время прокачивать воду через ротовую полость. У предков амфибий постепенно возник настоящий нос, которым можно было нюхать, не гоняя воду туда-сюда и не пугая тем самым потенциальную жертву.

Выход на сушу первых позвоночных – это не смена среды обитания, а ее расширение. Просто некоторые рыбы стали регулярно выползать на берег, не слишком



Эустеноптероны дышат воздухом



Тиктаалик — рыба с лапами и плоской головой

удаляясь от воды, а первые амфибии еще долго вели такой же образ жизни.

Это, как мы помним, только гипотеза, но гипотеза, подкрепленная палеонтологическими доказательствами — своеобразной «лестницей существ», ведущей из воды на сушу. Так, специалисты досконально изучили останки кистеперой рыбы эустеноптерона из позднедевонских отложений Северной Америки. Эустеноптерон был подвижным пресноводным хищником длиной около 40 см, имел торпедовидное тело, мощный хвост и достаточно развитые парные плавники с короткими мясистыми основаниями, предназначенные скорее для плавания, чем для ползания по дну. Рот его был оснащен двумя рядами мощных конических зубов, часть которых превратилась в своего рода клыки для удержания добычи. Ученые предполагают, что эустеноптерон имел развитые легкие, позволявшие дышать атмосферным воздухом.

За эустеноптероном следует существо, названное *Tiktaalik roseae* и жившее примерно 383 млн. лет назад. Тиктаалик внешне напоминал чешуйчатого крокодила с лапами, которые представляли собой промежуточный этап между плавником кистеперой рыбы и рычажной конечностью амфибии. Правда, на лапах у него были шипы, как у рыбы на плавниках. Зато голову животное имело плоскую, с глазами в верхней ее части, и даже некоторое подобие шеи. Такое строение головы характерно для существ, обитающих на мелководье.

Следующей ступенью на этом пути была ихтиостега — древнейшее четвероногое с пятипалыми конечностями и рыбьим хвостом. У ихтиостеги была продолговатая голова, огромная зубастая пасть и кожа, покрытая мелкой костной чешуей. Дышала ихтиостега еще ртом и ходила плохо: задние лапы были слабыми, а на передних конечностях при ходьбе работали только суставы плеча и за-



ГИПОТЕЗЫ

пястья, а локти не сгибались и не разгибались. Чем она питалась на суше, непонятно. Наземных беспозвоночных ей явно не хватало, да и прыти не было, чтобы их поймать. Одни ученые считают, что ихтиостега больше всего нравилась рыба, по мнению других, она подстерегала и ловила собратьев по виду, более мелких и более неуклюжих, чем она сама. С такими недостатками ихтиостега недолго задержалась на суше и вымерла. Однако следующие попытки выхода были удачнее.

Сомнения

Не все эволюционисты согласны с тем, что кистеперые рыбы стали амфибиями, шлепая по мелководью. Начнем с того, что для жизни в бедных кислородом и периодически высыхающих водоемах рыбам не очень-то нужны конечности. Надо воздуха глотнуть? Пожалуйста! Высовывай голову и дыши сколько хочешь. Именно так и поступают двоякодышащие рыбы. Кроме жабр, они имеют одно или два легких (видоизмененный плавательный пузырь). Газообмен происходит через стенки легких, оплетенные капиллярами. У них даже есть зачатки второго круга кровообращения.

Двоякодышащие — придонные обитатели заросших тропических водоемов. Атмосферный воздух они захватывают ртом, поднимаясь к поверхности. Когда водоем пересыхает, они отсиживаются в оставшихся ямах с водой. Вода стоячая и очень теплая, поэтому практически лишена кислорода; другие рыбы в этих ямахдохнут, а двоякодышащие выживают благодаря легочному дыханию. Когда лужи окончательно пересыхают, африканские и американские двоякодышащие впадают в спячку. Африканский протоптерус, например, роет в грязи нору, выстилает ее собственной слизью и закрывает сверху крышечкой из глины и слизи. В таком состоянии он спокойно переносит девятимесячные африканские засухи, а в одном эксперименте провел в спячке без вреда для себя более четырех лет. Когда начинаются дожди, кокон растворяется и рыба как ни в чем не бывало начинает плавать.

Да и не только двоякодышащие, а самые простые жаберные рыбы спокойно переносят недостаток кислорода, обходясь не только без лап, но и без легких. Небольшая рыбка вьюн, населяющая многие заболоченные водоемы, может дышать и жабрами, и поверхностью кожи, и с помощью кишечника. А если водоем пересыхает, вьюны зарываются в ил и впадают в спячку до ближайших дождей.

Еще одна рыба, илистый прыгун, появилась как раз в девоне, и образ жизни у нее по сей день самый девонский. Живет она на мелководье, в топких лужах среди ила, но в воду с головой погружаться не любит. В воде прыгуны дышат жабрами, а на суше кожей. Они ползают по суше при помощи мускулистых грудных плавников или прыгают, отталкиваясь хвостом. Кстати, плавники илис-

того прыгуна уже превратились в рычажные конечности: у них есть второе сочленение, между костями основания плавника и плавниковыми лучами. Благодаря этому преобразованию передние конечности прыгунов сгибаются и разгибаются, как у четвероногих. Прыгун даже может очищать ими голову и глаза, а это важно для рыбы, живущей вне воды. Однако в сухопутных странствиях илстым прыгунам приходится следить, чтобы не пересохла кожа, иначе они не смогут дышать.

Вот и получается, что взобраться на камень и даже на невысокую ветку запрыгнуть вполне можно без двух пар рычажных конечностей, а в топких лужах они даже мешают: по илстой грязи удобнее ползать, чем месить ее лапами.

Несколько интересных возражений против мелководной гипотезы выдвигает доктор биологических наук, профессор Сергей Вячеславович Савельев, уделивший особое внимание органам чувств предков примитивных тетрапод. Анализ слуховой системы показывает, что лабиринт у этих животных развит намного лучше, чем у их потомков. Он включает в себя слуховой аппарат, рецептор линейного ускорения (гравитационный рецептор) и рецептор углового ускорения. Такая сложная система управления движением не нужна животному, которое ползает по плоскому илистому дну. Очевидно, обладатели развитого лабиринта жили в трехмерной среде, а не в пересыхающих лужах.

Кроме того, у предков амфибий были маленькие глаза и специфические рецепторы, расположенные близ поверхности тела и необходимые для ориентации в темноте. Но на мелководье светло!

Может быть, путь на сушу лежал все-таки не через мелкие грязные лужи? Профессор С.В.Савельев предложил свою гипотезу.

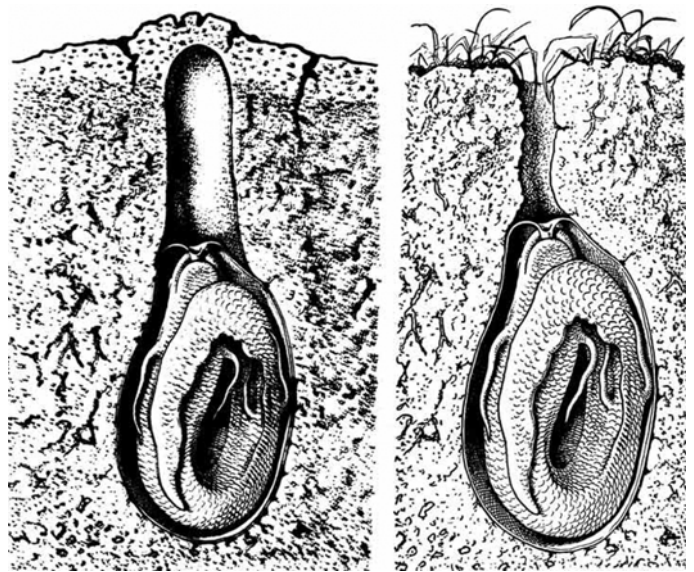
Свет в конце тоннеля

Чтобы водное существо могло стать земноводным, ему нужны вода и воздух.

И то, и другое кистеперые рыбы могли найти в прибрежных лабиринтах. Лабиринты были земляные – соединенные между собой полости, наполовину заполненные водой. Такие и в наши дни часто встречаются в почве на границе мангровых зарослей или на пещеристых берегах заболоченных районов острова Шри-Ланка. Но были еще лабиринты древесные. В девоне все берега и водоемы были завалены упавшими растениями. Они гнили очень медленно, потому что разлагающая клетчатку микрофлора еще не возникла. (Из-за ее отсутствия и



Ихтиостега – полурыба-полуамфибия



Двоякодышащие рыбы переживают засуху в коконе и прекрасно обходятся без лап

А илстые прыгуны – даже и без легких



обилия растительности впоследствии образовались каменноугольные залежи.) В позднем девоне у большей части растений были полые стволы. И лежали они одним концом в воде, другим на суше, наполовину заполненные воздухом, наполовину водой.

В этих влажных закрытых и разветвленных лабиринтах удобно прятаться и размножаться. Там поселились беспозвоночные и рыбы, а в определенные сезоны скапливалось много икры и личинок. В лабиринтах жилось гораздо сытнее, чем на мелководье, где конкуренция за добычу была острой, и не всегда в ней побеждали неуклюжие рипидистии. Поэтому кистеперые рыбы тоже радостно устремились в это кормилице и убежище – и остались в нем на миллионы лет.

Благодаря постоянной влажности в лабиринтах можно было спокойно дышать жабрами и в то же время не спеша развивать воздушное дыхание. Для дыхания воздухом могли служить влажная кожа, плавательный пузырь и выросты пищеварительной системы. У первых амфибий дыхание было, скорее всего, жаберно-кожным, но впоследствии стало легочным. При высокой и постоянной влажности они могли без проблем обходиться несовершенными легкими и не опасаться, что кожа пересохнет.

В этих же узких ходах могли возникнуть лапы. Большинство первых амфибий сохранило длинное тело, которое изгибалось в горизонтальной плоскости и позво-



Карбон стал раем для амфибий

ляло плавать в открытой воде. Но ползать таким манером внутри полого бревна неудобно – места мало. Гораздо эффективнее отталкиваться от стенок туннеля, поэтому предки амфибий преобразовали парные плавники в коротенькие конечности рычажного типа: задние лапы толкали тело вперед, а передние назад.

Впрочем, некоторые почвенные амфибии так и не обзавелись лапами, ограничившись ползанием. У тетрапод для управления парными конечностями возник в среднем мозге специальный центр – красное ядро. Оно есть у всех амфибий, рептилий и млекопитающих, как обладающих конечностями, так и утративших их в процессе эволюции. Но у некоторых безногих амфибий Сейшельских островов и Шри-Ланки красного ядра нет, значит, и лап никогда не было.

По мнению С.В.Савельева, именно в закрытых туннелях мог возникнуть и усовершенствоваться такой уязвимый этап развития, как метаморфоз (превращение головастика с жабрами во взрослую особь с легкими). В начале своего становления этот процесс должен был занимать довольно много времени, поэтому спокойно превращаться можно было только в укромных местах. Впоследствии амфибии научились делать это быстро, и их метаморфоз происходит в мелких лужах.

В темном лабиринте не очень нужно зрение, зато важную роль играет водно-воздушное обоняние. Пищу и полового партнера приходится искать по запаху, и поиск идет намного успешнее, если анализировать сразу обе среды обитания. Для ползания и ориентации в полутаплированных лабиринтах жизненно необходим хороший вестибулярный аппарат, а также способность воспринимать колебания воды и воздуха. Поэтому амфибии сохранили боковую линию – орган ориентации рыб, а



ГИПОТЕЗЫ

параллельно развили слуховую систему с наружной барабанной перепонкой. У древних амфибий барабанная перепонка и стремя были такими массивными, что, возможно, служили для определения колебаний воды, а не воздуха. Имея хороший слух, амфибии развили звуковую коммуникацию, очень удобную для общения в темноте на большом расстоянии. Они больше не молчали как рыбы.

Лабиринтный период эволюции породил огромное разнообразие форм амфибий. Они конкурировали между собой и охотились друг на друга. В конце концов амфибиям стало тесно в этих катакомбах, почвенных и древесных, и наиболее приспособленные животные стали выбираться на сушу. По всей видимости, таких выходов было много, и каждый раз тетраподы, покидавшие лабиринты, заметно отличались от предыдущей версии.

Первые удачные выходы древних амфибий из лабиринтов на свет состоялись в верхнем девоне (360 млн. лет). В лабиринтах они обзавелись вполне развитыми конечностями, эффективной системой передвижения и адаптированными к наземному существованию органами чувств, так что ощущали себя в новых условиях вполне уверенно.

Это тоже только гипотеза, основанная на особенностях строения нервной системы амфибий. Но возможно, в прибрежных районах с развитой древней растительностью палеонтологи найдут следы животных, обитавших в лабиринтных системах.

Тем ли путем, этим ли, но древние амфибии вышли на сушу и покорили ее. Наступивший за девоном карбон стал для них настоящим раем. Климат был ровный, теплый и влажный, а кругом полным-полно болот и непросяхающих водоемов. Амфибии осваивались на суше, расселялись по Земле, а к концу карбона их расплодилось множество: повсюду прыгали, ползали, ходили представители двадцати семейств самого разного вида и размера. Некоторые из них вернулись в воду, став крупными и агрессивными хищниками. Появились и гигантские амфибии, не прижившиеся на нашей планете. Но эволюция не стояла на месте. В середине карбона возникли рептилии и заметно потеснили амфибий. Их господство кончилось.

Более подробно о гипотезе С.В.Савельева можно прочитать в его статье «Нейробиологические закономерности происхождения наземных позвоночных», опубликованной в «Журнале общей биологии» □ 2 за 2008 год.





МОСКОВСКИЙ ДОМ КНИГИ РЕКОМЕНДУЕТ:



КНИГИ

М.М.Левицкий
Увлекательная химия.
Просто о сложном,
забавно о серьезном
М.: АСТ,
2008



Эта книга принадлежит перу давнего автора «Химии и жизни», сотрудника Института элементоорганических соединений РАН. В ней рассказывается, как делается наука: как ход рассуждений исследователя, логические построения в сочетании с экспериментом помогают установить строение веществ, открывают различные закономерности. В книге также рассказано о некоторых драматичных, а порой забавных поворотах судьбы открытий и их авторов. Сочетание химии с гуманитарными дисциплинами — самая веселая часть повествования.

Книга адресована абитуриентам, школьникам и их родителям, она будет интересна преподавателям старших классов средней школы, а также всем, кто хочет узнать нечто необычное и интересное.

Питер Макиннис
Тихие убийцы.
Всемирная история
ядов и отравителей
М.: КоЛибри,
2008



Яды сопровождали человека с древнейших времен. Более того, сама жизнь на Земле зародилась в результате «отравления» ее атмосферы кислородом... И недаром яды вызывали такой жгучий интерес во все времена. Фараоны и президенты, могучие воины и секретные агенты, утонченные философы и заурядные обыватели — все могут пасть жертвой «тихих убийц». Причем не всегда они убивают по чьему-то злому умыслу: на протяжении веков люди окружали себя множеством вещей, не подозревая о смертельной опасности, которая в них таится. Ведь одно и то же вещество зачастую может оказаться и ядом, и лекар-

ством — все дело в дозировке и способе применения. Известный популяризатор науки, австралиец Питер Макиннис точно отмеряет ингредиенты повествования — научность, легкий язык, редкие факты и яркие детали — и правильно смешивает их в своей книге.

Виктор Фролов
Война с микробами
М.: Эксмо,
2008



Уникальная книга о великом русском ученом Илье Ильиче Мечникове похожа на детектив. Ее написал наш современник, авторитетнейший ученый — декан медицинского факультета РУДН профессор В.А.Фролов. Приметы времени, факты научной и личной жизни отца иммунологии складываются в захватывающую историю, которая читается на одном дыхании.

Издание выходит в год столетия присуждения Нобелевской премии И.И.Мечникову и Паулю Эрлиху за исследование механизмов, лежащих в основе иммунитета.

Дж.Г.Николлс,
А.Р.Мартин,
Б.Дж.Валлас,
П.А.Фукс
От нейрона к мозгу
М.: ЛКИ,
2008



Авторы объясняют принципы работы мозга в терминах активности нервных клеток (нейронов), рассматривают клеточные и молекулярные механизмы межнейронного взаимодействия, изучают способы образования структур и связей, которые обеспечивают функционирование развивающегося организма. Книга снабжена огромным количеством иллюстраций. В ней просто и четко излагаются не только каждая проблема, но

и ее появление и связи с другими вопросами нейробиологии. Очень приятная особенность книги состоит в том, что авторы не опускают спорные вопросы, описывают альтернативные точки зрения и не стесняются сказать, что многие важные проблемы сегодня еще не решены.

Мэтт Ридли
Геном
М.: Эксмо,
2008



Стремительное развитие генетики в последние два десятилетия сейчас называют не иначе как революцией. Начиная с 1990-х годов, когда в практику вошли принципиально новые методы исследований ДНК, каждый год приносит все больше открытий. Генетика развивается столь стремительно, что уследить за тем, как изменяются наши представления о фундаментальных основах жизни и наследственности, не успевают не только широкая публика, но и специалисты. Это порождает массу слухов и домыслов о страшных мутантах, которых коварные ученые штампуют в своих лабораториях, тогда как открытия новых методов диагностики и лечения генетических заболеваний, включая рак, остаются незамеченными или непонятыми. Вот почему книга Мэтта Ридли очень актуальна. Просто и доступно автор представил историю генетики, от первых догадок до ошеломляющего прорыва, начавшегося с открытия структуры ДНК Уотсоном и Криком.

На английском языке книга вышла в свет в конце 1999 года, в канун нового тысячелетия. Но она по-прежнему занимает верхние позиции в рейтингах продаж по всему миру.

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

На арену выходят транспортные РНК

Малон Хогланд

Транспортные РНК играют ведущую роль в биосинтезе белка. О том, как были обнаружены эти молекулы и выяснена их функция, вспоминает один из авторов открытия, американский биохимик М.Хогланд. Он родился в 1921 году в Бостоне, учился в Гарварде, работал в Главном массачусетском госпитале и нескольких университетах



К середине прошлого века ученые уже поняли, что в ДНК закодированы синтезируемые в клетке белки. Но как последовательность нуклеотидов ДНК переводится в нужную комбинацию аминокислот? Это оставалось секретом природы.

Раскрыть его удалось в результате серии прорывов, совершенных исследователями двух типов, отличающихся по своим подходам, – биохимиками и молекулярными биологами. Первые были традиционными «лабораторными крысами», разделявшими клеточное содержимое на отдельные части, химический состав каждой из которых кропотливо анализировали. Вторые представляли новую породу научных работников, мысливших о внутриклеточных процессах в понятиях теории информации и обладавших развитым пространственным воображением.

В начале 50-х годов Пол Замечник и его сотрудники на медицинском факультете Гарвардского университета классическими биохимическими методами определили, где в клетке синтезируются белки. Для этого они вводили подопытным животным радиоактивные аминокислоты, а затем через разные промежутки времени извлекали их печень, гомогенизировали ее, центрифугированием разделяли на фракции, а те проверяли на наличие радиоактивного белка.

Оказалось, что если после инъекции проходили часы, то новообразованный меченый белок находили во всех клеточных фракциях. Если же временной интервал составлял всего несколько минут – то лишь там, где содержались небольшие частицы из РНК и белков, которые ранее с помощью электронного микроскопа уже наблюдали в цитоплазме клеток (позже их назвали рибосомами). Значит, производство белков как-то связано с этими частицами.

Кроме того, они установили, что есть две фракции, объединение которых обеспечивает синтез белка в бесклеточной системе, то есть *in vitro*. Одна из них содержала рибосомы, а в другой, растворимой, имелось множество разных молекул с неизвестными функциями; в частности, там были молекулы аденозинтрифосфата (АТФ), очевидно снабжавшие реагенты необходимой энергией.

Я подключился к работам группы Замечника в 1952 году и начал искать доказательства того, что существует начальный этап построения белковой цепи, состоящий в активировании аминокислот. Используя технические приемы, освоенные в предыдущие годы в лаборатории Фри-

ца Липмана – пионера биоэнергетики, удостоенного Нобелевской премии в 1953 году, я обнаружил в растворимой фракции ферменты, катализирующие реакцию между аминокислотой и АТФ с образованием аминоациладезилата (в нем остаток аминокислоты соединен с аденозином посредством фосфоэфирной связи).

Я доложил об этом на одной конференции в 1955 году. Но интереса мое сообщение не вызвало, поскольку аудиторию больше волновал вопрос, каким образом аминокислоты составляли нужные последовательности, нежели то, как они перед этим активировались.

А в следующем году Пол Замечник и Мэри Стивенсон неожиданно обнаружили удивительный факт: в присутствии АТФ аминокислоты присоединялись к неизвестным стабильным молекулам РНК, небольшое количество которой они выявили в растворимой фракции. Эту РНК назвали растворимой РНК, расРНК (в оригинале *sRNA* – от английского *soluble*; на русском языке следовало бы написать *rPHK*, но так обозначают рибосомную РНК. – Л.К.).

Хотя основная масса клеточной РНК сосредоточена в рибосомах, малая ее часть (порядка 10%) содержалась в растворе. Эту долю РНК считали просто «мусором», состоящим из обломков длинной рибосомной РНК, возникших при разрушении клеток. И вот в мусоре как будто нашлись драгоценные камни. Правда, смысл находки мы еще тогда не уяснили.

Теперь я на время прерву рассказ о поисках в нашей лаборатории и кратко скажу, что происходило в остальном мире. После грандиозного достижения Джеймса Уотсона и Фрэнсиса Крика, открывших в 1953 году в английском Кембридже строение ДНК, большинство специалистов склонялись к тому, что с ДНК информация считывается в молекулу РНК, которая затем служит матрицей, определяющей последовательность аминокислот в белке, синтезируемом на рибосоме.

Многие ломали голову над тем, каким образом РНКовая матрица задает порядок аминокислот – ведь между нуклеотидами и аминокислотами нет специфических геометрических соответствий и потому вряд ли они могут взаимодействовать друг с другом напрямую. В качестве выхода Фрэнсис Крик предположил, что аминокислота сначала присоединяется к «адаптору» – короткой цепочке РНК, которая уже способна узнать отведенное ей место на матрице и занять его. Таким способом выстраивался бы нужный порядок привязанных к адапторам аминокислот.

Фрэнсис допустил существование 20 сортов адапторов (по одному на каждый тип аминокислоты) и 20 сортов ферментов, каждый из которых присоединяет определенную аминокислоту к ее адаптору. Эти идеи в 1956 году он изложил в рукописи, ходившей среди членов так называемого Галстучного клуба РНК (RNA Tie Club), но по-настоящему опубликовал их только в 1958-м.

Замечу еще, что до конца 50-х годов об информационной (матричной) РНК ничего не знали. Предполагали, что транскрибированные с ДНК одноцепочечные РНК входят в состав новообразующихся рибосом, где идет синтез только одного вида белка. Такую схему называли тогда

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ





«один ген – одна рибосома – один белок». И только в начале 60-х поняли, что это не так.

Теперь я снова возвращаюсь в родной Бостон, где мы, абсолютно ничего не зная о модели, которую силой своей интуиции породил Крик, продолжали обдумывать тот, судя по всему, многозначительный факт, что аминокислоты связываются с каким-то РНКовым компонентом. Я задавал себе вопрос: а не служит ли образование таких комплексов аминокислот с расРНК необходимым этапом на пути к синтезу белка? И решил попытаться ответить на него.

С большим волнением начал готовить решающий опыт: сначала добился связывания расРНК с аминокислотами, затем удалил из раствора оставшиеся свободные аминокислоты, а также АТФ. Наконец, я добавил туда рибосомы, и – к моему восторгу – аминокислоты начали быстро соединяться в полипептиды!

С того дня мы уже почти не сомневались, что расРНК, позднее переименованные в транспортные РНК, тРНК (это название точнее отражает их функцию), представляют собой те искомые «переходники», что позволяют аминокислотам формировать упорядоченные цепи на нуклеиновой матрице. Казалось логичным допустить, что фермент, активирующий аминокислоту (она остается связанной с энзимом), делает и другую вещь – переносит остаток аминокислоты на тРНК. Позднее выяснили, что так оно и есть, а эти важнейшие ферменты стали именовать аминокислот-тРНК-синтетазами.

Свои результаты мы опубликовали в 1957 году. А ранее, в конце 1956-го, новоиспеченный сотрудник биологического факультета Гарварда Джим Уотсон, до которого дошли слухи об успехах группы Замечника, нанес нам визит. Выслушав отчет об открытии растворимой РНК, он спросил, знали ли мы об адапторной гипотезе Фрэнсиса Крика? Слегка обескураженные, мы признались в своей полной неосведомленности, а поняв, в чем состояла гипотеза, выразили восхищение блестящим предвидением обнаруженных нами явлений. Молекулярный биолог опять оказался на коне!

И вот какая сказочная картина предстала перед нашим умственным взором: мы, скромные экспериментаторы, шаг за шагом упорным трудом пробиваем себе дорогу в непроходимых джунглях и наконец выбираемся на простор, где перед нами открывается вид прекрасного замка. И в этот момент замечаем Фрэнсиса, порхающего на легких крылышках теории и радостно указывающего нам на него!

В итоге всех этих драматических событий были добыты знания, позволившие вскоре «расколоть» генетический код и ставшие фундаментом созданной в 60-е годы стройной концепции белкового синтеза. А биохимики и молекулярные биологи – классика и модерн – образовали сплоченную команду, делающую единую науку и говорящую на одном языке.

Перевод с английского из журнала «Nature» (2004, т. 431, с. 249)

Л.Каховского

Дадим слово и другой стороне

Комментарий переводчика

А как описанная коллизия виделась Ф.Крику (1916–2004)? Об этом можно узнать из его автобиографической книги «Безумный поиск. Личный взгляд на научное открытие», изданной в 1988 году (есть русский перевод – Ижевск: ИКИ, 2004). Другой ценный источник сведений – подробный историко-научный трактат «Биологический код» (М.: Мир, 1971) еще одного активного члена Клуба РНК Мартинаса Ичаса, зафиксировавшего события по горячим следам.

Крик пишет (с. 103–104), что Георгий Гамов, который в 1954 году первым четко поставил проблему кода и предложил конкретный вариант ее решения, в свойственном ему стиле создал Клуб друзей РНК. В него он включил ровно 20 человек – по числу разных аминокислот. Это сам Гамов, Уотсон, Крик, Алекс Рич, Лесли Оргел, Ичас и другие. Каждый из них имел свой особый галстук, соответствующий его аминокислоте. Члены клуба не собирались вместе, но обменивались письмами.

Автор вспоминает, что в 1956 году, вернувшись из США в Англию, он написал для клуба статью, критикующую подход Гамова и содержащую гипотезу «адапторов». Крик отмечает, что рукопись так никогда и не была напечатана, и это его самая важная неопубликованная работа. Правда, в 1957-м вышла маленькая заметка (она указана также у Ичаса, но Хогланд о ней не упомянул), а в 1958 году – более полная статья.

Далее Крик говорит, что его гипотезу об адапторах подтвердили экспериментальные данные, независимо полученные биохимиком из Гарвардской медицинской школы Малоном Хогландом. И признает, что он не сразу отождествил свои гипотетические адапторы с найденными растворимыми РНК, поскольку представлял себе адапторы маленькими молекулами, а эти РНК были отнюдь не малы. Завершая тему, он пишет: «Чуть позже Хогланд приехал на год в Кембридж, и мы вместе ставили эксперименты с тРНК».

Итак, по мысли Крика, адаптор – короткая цепочка нуклеотидов, возможно, всего лишь трех, но теперь мы знаем, что в транспортной РНК их около 80. В 1965 году Роберт Холли в Корнелле выделил и секвенировал первую, аланиновую тРНК, и в ней оказалось 76 нуклеотидов, в том числе 10 нестандартных, модифицированных (Нобелевская премия 1968 года). Исходя из наличия в первичной структуре полимера комплементарных участков, была предсказана его вторичная структура – она похожа на клеверный лист.

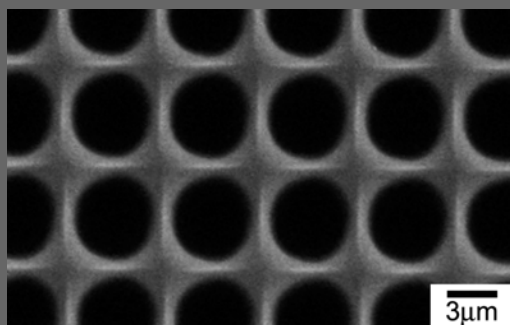
В 70-х годах удалось закристаллизовать тРНК и определить трехмерный вид молекулы. Загадочный, напоминающий бумеранг иероглиф тРНК стал (наряду с двойной спиралью ДНК) символом современной биологии. Когда известному химику, нобелевскому лауреату Владимиру Прелогу подарили проводочную модель скелета тРНК, он воскликнул: «Это подпись Бога!»

Изучение транспортных РНК продолжается. Быть может, именно в этих звеньях, связывающих нуклеиновые кислоты с протеинами, спрятаны ключи от тайны возникновения генетического кода и самой жизни.

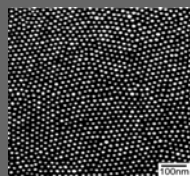
Нанолитье под давлением и без



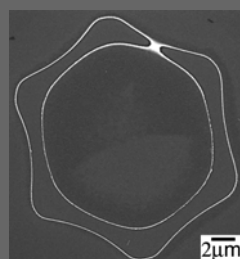
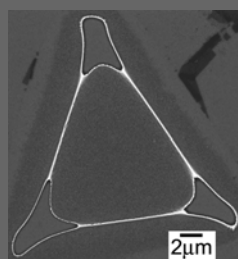
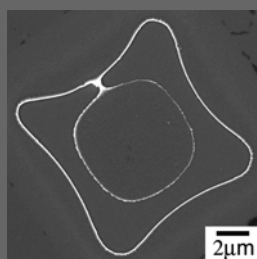
ФОТОИНФОРМАЦИЯ



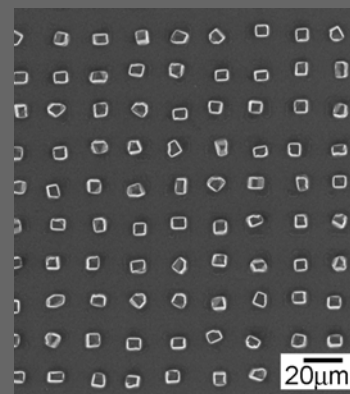
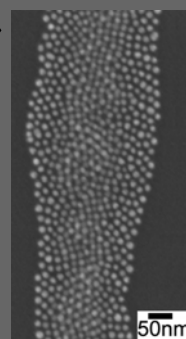
1
Так выглядит форма с круглыми ячейками



2
Сверхрешетка из дисков, причем внутри каждого из них есть своя структура



3
Из таких контуров можно строить сверхрешетки при низком давлении. А внутри элементов контура имеется своя структура, способная проводить электрический ток



4
Сверхрешетка из кристаллов соли

Фотографии предоставлены Чэн Веньлуном

Литейщик, сделав форму, заливает в нее расплавленный металл и получает готовое изделие. А если размеры изделия исчисляются нанометрами? Логично для такой работы взять наноформу. Именно так и поступили ученые из Корнелловского университета во главе с профессором Дан Луо («Nature Nanotechnology», 2008, т. 3, с. 682). Кстати, о работе этой группы по созданию ДНК-геля мы уже рассказывали (см. «Химию и жизнь», 2007, □ 2).

Итак, американские ученые положили на кремниевую пластинку силиконовую форму с регулярно расположенными отверстиями и стали наливать в них пусть не металл, но металлосодержащую жидкость — водный раствор золотых наночастиц в оболочке из коротких фрагментов все той же ДНК. Эта органическая молекула выполняла две функции. Во-первых, она не давала золотым частицам слипнуться в бесформенный ком, а во-вторых, позволяла им соединить-

ся друг с другом строго закономерным образом в соответствии с принципом комплементарности азотистых оснований — точно так же, как соединяются свободные молекулы ДНК.

Как оказалось, изменяя давление над залитой в форму жидкостью, можно создавать структуры двух типов. При высоком давлении вода сильнее испаряется у краев формы, а растворенные наночастицы оттесняются к центру капли. Получается диск в центре ячейки. При низком же давлении все происходит с точностью до наоборот и получается контур, повторяющий очертания ячейки. И в том, и в другом случае образуется сверхрешетка, период которой задан размерами ячеек формы, а внутри элементов решетки возникает своя регулярная структура, мотив которой определяют соединяющие золотые шарики молекулы ДНК.

Этим способом можно делать сверхрешетки не только из раствора наночастиц. Простейший водный раствор поваренной соли, залитый в такую же

форму, дает сверхрешетку из нанокристаллов хлорида натрия. Причем ориентация их решеток друг относительно друга идентична.

Вообще-то существует много способов изготовления таких сверхрешеток, но, как утверждают авторы работы, никому еще не удалось достичь столь высокой степени регулярности и отсутствия дефектов. А нужны подобные структуры для того, чтобы создавать сверхъемкие устройства памяти, более эффективные системы сбора энергии и сверхчувствительные биосенсоры. Ведь таким способом можно работать не только с золотыми наночастицами, но и с любыми другими, например с квантовыми точками селенида кадмия и сульфида цинка, да и к ДНК помимо наночастиц можно прицепить еще много дополнительных объектов, вроде единичных атомов металлов, изменяющих электрические свойства всей системы.

А. Мотыляев



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Сапфир для королевы великанов

Самый крупный в мире прямоугольный сапфир весом 45 кг вырастили ученые НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины в Харькове. 8 (057) 341-04-52, 8 (057) 340-22-30

В романе Джонатана Свифта королева страны великанов в знак благоволения подарила Гулливеру золотое кольцо со своего мизинца. Колечко было такой величины, что знаменитый путешественник свободно бы надел его себе на шею. Ученые НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины в Харькове могли бы сделать королеве великанов достойный подарок. Они вырастили в своей лаборатории самый крупный в мире прямоугольный сапфир, размеры которого составляют 350х500х50 миллиметров, а вес достигает 45 килограммов. Такой гигантский кристалл можно получить только методом горизонтальной направленной кристаллизации по оригинальной технологии, разработанной украинскими учеными.

Этим экземпляром харьковчане начинают производство крупных сапфиров, не имеющих аналогов, для работы в агрессивных средах, под большим давлением, в аэрокосмической технике, самолетостроении и при массовом производстве подложек для светодиодов. Установку «Горизонт-5» для серийного выращивания гигантских сапфиров по техническому заданию НТК «Институт монокристаллов» НАНУ разработало и изготовило Государственное предприятие ЦКБМ «Донец» в Луганске.

Внешне процесс выглядит просто. В молибденовый тигель ростовой установки загружается сырье – предварительно обработанный и очищенный отечественный глинозем, а также затравочный кристалл. Это своего рода эталон, который передает выращиваемому сапфиру по наследству свое структурное совершенство и определенную ориентацию кристаллической решетки, которая необходима заказчику. Под воздействием температуры в 2050°C, которую обеспечивают специальные нагрева-

тельные элементы, сырье в установке плавится. Весь цикл производства кристалла от подготовки установки к работе до полного остывания идет под пристроном автомата и продолжается 10 дней.

Добиться, чтобы гигантский сапфир был «чистой воды», нелегко. Например, для установки «Горизонт-5» был разработан тепловой узел принципиально новой конструкции. Она состоит из двух самостоятельных независимых управляемых нагревателей. Один из них стоит над тиглем, в котором растет кристалл, другой – под ним, причем соотношение подвода тепла сверху и снизу можно изменять в соответствии с программой. Чтобы в огромном сапфире не появились трещины из-за остаточного напряжения, необходим медленный режим остывания. Однако, несмотря на сложности, выращивание таких больших кристаллов экономически выгодно, поскольку они могут быть максимально приближены к готовому изделию по размеру и по форме.

Сам процесс увидеть трудно, поскольку сапфир растет со скоростью всего 8 мм/час. Однако можно наблюдать за так называемым фронтом кристаллизации – границей, с одной стороны которой виден жидкий непрозрачный расплав, а с другой – более темный и прозрачный сапфир. После окончания кристаллизации кристалл из установки вынимают не сразу, дожидаясь, пока он полностью не остынет. Только что выпеченный гигант в полметра длиной выглядит просто прозрачной глыбой – «играть» он начинает лишь после шлифовки.

Правда, ювелирные монокристаллы получить таким способом бессмысленно – здешние специалисты выращивают сапфиры, размеры которых минимум 220 на 240 мм. Камни для колечек и серезек до 50 мм в диаметре изготавливают более дешевым и простым газоплазменным методом.

Сапфир стал одним из перспективнейших конструкционных материалов XXI столетия благодаря уникальному сочетанию свойств. Он прозрачен в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра, у него хорошие диэлектрические свойства, высокая твердость, износостойкость и теплопроводность, радиационная и химическая стойкость, он биоинертен. Эти качества оп-

ределили широкое применение монокристаллов во многих отраслях современной науки и техники: оптике, оптоэлектронике, микроэлектронике и медицине.

На опытно-промышленном производстве НТК «Институт монокристаллов» налажен серийный выпуск крупных оптических сапфировых элементов. Поэтому возможно, этому сапфиру недолго числиться в рекордсменах. В установке «Горизонт-5» потенциально можно вырастить еще более крупные кристаллы сапфира размером 500х800х50 миллиметров.

БИОХИМИЯ

Метаболический ОПТИМУМ

Российские ученые совместно с коллегами из США и ЮАР попытались ответить на фундаментальный вопрос: сколько энергии должно расходоваться «усредненное живое существо» на нашей планете, чтобы остаться в живых.

В поисках ответа на этот вопрос работал международный коллектив ученых – А.Макарьева и В.Горшков из санкт-петербургского Института ядерной физики, В.Гаврилов с кафедры зоологии позвоночных МГУ, Бай Лиан Либ из Калифорнийского университета, Питер Райх из Университета Миннесоты и Стивен Чоун из Университета Стелленбуш (ЮАР). Исследователи оценивали затраты энергии на единицу массы в единицу времени, а затем сравнивали этот показатель, выраженный в ваттах на килограмм, у более 3000 населяющих планету животных, растений, микроорганизмов.

Пришлось провести трудоемкую работу, чтобы проанализировать уже накопленные знания. Для разных групп жи-





вых организмов расходование энергии определяют по-своему. Для млекопитающих и птиц – в состоянии покоя при оптимальной температуре, для подвижных обитателей воды – как правило, в движении, зафиксировать на одном месте их сложно, для микроорганизмов – в суспензии и в среде без питательных веществ. Единицы, в которых выражают потребление энергии, тоже отличаются: для крупных особей пересчет ведут на общую массу тела, для микроорганизмов – на сухую массу, иногда на углерод, белок, у высших растений – на массу сухих листьев.

Переработав известные сведения о биоэнергетике всего живого и приведя их «к общему знаменателю», ученые проанализировали потребление энергии различными организмами: самый крупный из них – слон, самый мелкий – микрорганализм *Francisella tularensis*, разница в размерах между ними – 20 порядков, то есть 10^{20} . Всего были проанализированы данные по 3006 видам растений, животных и микроорганизмов.

Самый низкий показатель – 0,3–0,8 ватт на килограмм – характерен для деревьев, более высокий – 1,2–8,8 – для автотрофных и гетеротрофных организмов, от бактерий до млекопитающих. Разница в потреблении энергии живыми организмами на Земле доходит до 30 раз. Удивительно, насколько она мала по сравнению с разбросом линейных размеров. Если пересчитать потребление энергии не на общую массу, а на массу азота (в древесине азота мало, в метаболически активных частях деревьев – много), различие будет и того меньше – в 13 раз!

Опираясь на полученные данные, специалисты выдвигают концепцию так называемого метаболического оптимума. Существует, считают они, оптимальный показатель потребления энергии организмами, приближение к которому дает эволюционные преимущества в борьбе за существование. Поэтому параметры потребления энергии не слишком различаются у разных групп живых организмов.

АНТРОПОЛОГИЯ

Характер по отпечаткам пальцев

Ученые из Московского государственного технического университета имени Н.Э.Баумана выявили интересную закономерность: меж-

ду психологическими особенностями личности человека и папиллярными узорами на его ладонях есть устойчивая связь! Это позволяет объективно судить о некоторых способностях и наклонностях человека, что особенно важно, например, при выборе профессии или приеме на работу.

Ученые из всемирно известной Бауманки разработали приборы для определения психологических особенностей человека. В основе подхода – не традиционное тестирование индивидуума (ответьте на вопросы, нарисуйте картинку и прочее), а исследование его дерматоглифических параметров, проще говоря, папиллярных узоров на кончиках пальцев и ладонях. Такой подход, реализованный с помощью компьютерных технологий, позволяет численно оценить особенности гребешковой кожи и таким образом исследовать психофизический статус человека. Хотя и традиционных психологических методов новый подход не отменяет. Именно в совокупности они позволяют более объективно разобраться в личности тестируемого.

Для начала авторы собрали и обработали огромный массив данных, которые можно разделить на два основных блока. Один – это особенности папиллярных узоров испытуемых: какой тип узора образуют линии – завиток, петлю или дугу, как ориентирован узор, где расположен и так далее. Другой – психофизические показатели испытуемых, выявленные традиционными методами. Разумеется, для этого авторам пришлось разработать соответствующее программное обеспечение, ведь «вручную» с такой грандиозной задачей не справиться.

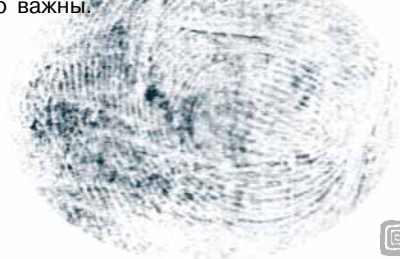
Тут-то и выяснилось, что между этими двумя, казалось бы, совершенно независимыми свойствами человека – отпечатками его пальцев и его же психологическими особенностями – есть явные и весьма устойчивые связи. Скажем, если человек – лидер, то у него одни параметры дерматоглифического фенотипа (тип, ориентация и локализация узора, гребневой счет), если он коммуникабелен – другие, если склонен к конфликтам – третьи. И таких папиллярных признаков различных психофизических особенностей довольно много. При этом вероятность правильного определения показателей психофизиологического статуса очень велика, порой она достигает 80–90%.

Привлекательность метода, особенно при подборе кадров для работы в экстремальных условиях, очевидна. Ведь во

ремя стресса или повышенной нагрузки человек, которому приходится принимать важное решение, как правило, реагирует в соответствии с генотипом, отвечающим за наследуемые признаки и возможности адаптации. Скажем, в сравнительно спокойной ситуации человек, обученный правильному поведению с детства, вполне надежен, коммуникабелен и не боится ответственности. Но в опасности он может, что называется, показать свое истинное лицо, оказаться неврастеником и трусом. С другой стороны, прием на работу сам по себе заставляет человека волноваться, и его реакции могут отличаться от тех, что он показал бы работы в обычных условиях, в том числе и в худшую сторону. Так что использование комплекса дерматоглифических исследований может быть гораздо надежнее обычных психологических тестов – они привносят элемент объективности.

Между прочим, проведя обширное исследование среди студентов, авторы выяснили, что интеллектуальные особенности человека тоже можно с высокой степенью вероятности определить по комплексу его дерматоглифических параметров. Например, можно сказать, кто из студентов – потенциальный высококлассный инженер-разработчик, а у кого лучше получится практическая работа.

Конечно, новый метод – это не истина в последней инстанции, и авторы хорошо это понимают. Можно говорить только о большей или меньшей вероятности того, что тестируемый обладает определенными показателями психофизиологического статуса. Ведь вполне может случиться, что человек, например, родился уверенным в себе лидером, и это соответствует узорам его папиллярных линий, а воспитание сделало его запуганным подчиненным. Поэтому, разумеется, рекомендации, выданные с помощью нового подхода, не исключают, а дополняют обычные методы психологического тестирования и тестирования физиологических реакций. Но рекомендации эти чрезвычайно важны.





Ледяные узоры Холодного мира

С.Анофелес

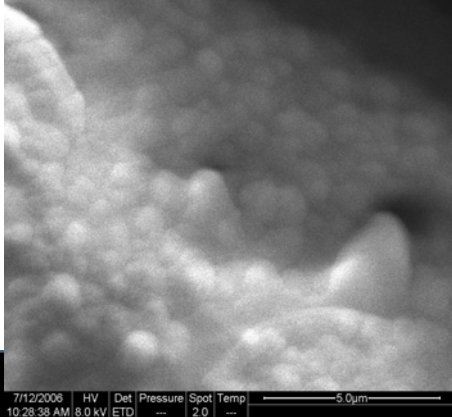
Вода — основа жизни. На Земле она существует в четырех формах — жидкой, сверхкритической (в глубине коры), газообразной и твердой, последняя же представлена единственной разновидностью — гексагональным льдом Ih (подробнее о разновидностях льда см. «Химию и жизнь», 2007, □ 2). Может быть, где-то высоко в атмосфере встречается и еще какая-нибудь разновидность льда, но экспериментально это не доказано. Однако если удалиться от Земли, то окажется, что в космосе льдов несколько больше. Как следует из диаграммы фазового равновесия твердой воды, на поверхности различных объектов Солнечной системы наряду с гексагональным льдом должны быть и обе разновидности аморфного льда (высокой и низкой плотности), и кубический лед, и, может быть, еще какой-нибудь. Очевидно, что многообразие льдов порождает огромное число форм и разновидностей твердой воды, тем более что на Земле один лишь гексагональный лед формирует столь разные структуры,

как узоры на стекле, снежинки и гигантские айсберги. Однако можно ли, будучи на Земле, узнать, с какими ледяными узорами столкнутся будущие исследователи космических просторов? Да, если вооружиться теорией и правильно спланировать эксперимент, как это сделал Бруно Эскрибано, аспирант Анадальузского института наук о Земле под чутким руководством своих научных наставников Юлиана Картрайта и Игнасио Сандиаса.

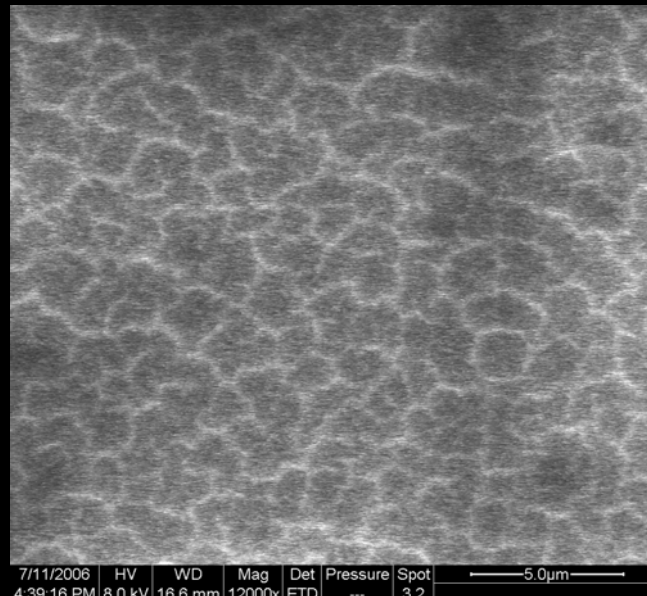
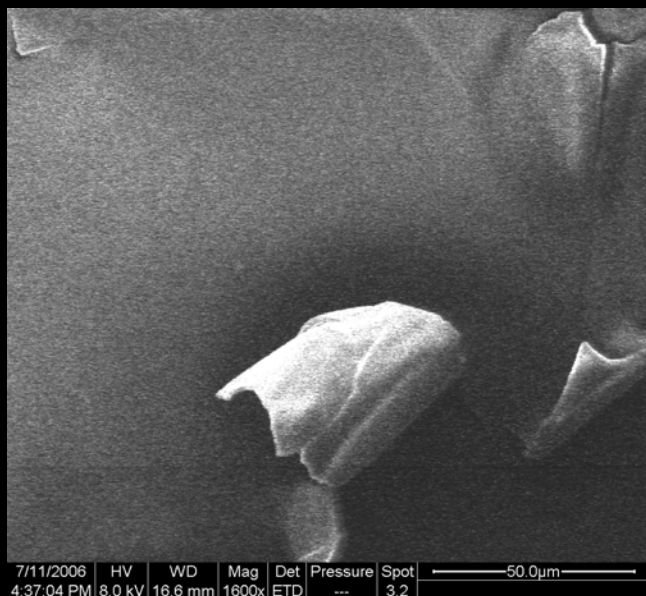
Изучению морфологии тонких пленок материаловеды посвятили не один человеко-час и даже человекогод, поскольку именно умение делать эти пленки гладкими и не отслаивающимися от подложки лежит в основе получения покрытий и изготовления микросхем. Результатом многолетних бдений за окуляром микроскопа стала диаграмма, отражающая зависимость морфологии от температуры подложки и энергии атомов или молекул напыляемого вещества. Всего было обнаружено три основных типа морфологии. По мере увеличения температуры подложки они

распределяются так: пористая структура из отдельно стоящих на своих вершинах конусов, плотная структура из первичных зерен и плотная пленка из рекристаллизованных зерен. При не слишком высоких температурах подложки, гораздо меньше половины температуры плавления напыляемого вещества, между областями структур 1 и 2 находится обширная промежуточная область, где удается найти большое разнообразие структур. Тут и цветная капуста, и губка, и спички, и, как это ни удивительно, плотные пленки. Вот эти структуры испанские ученые и решили сделать из льда, разумно предположив: хотя вода и сильно отличается от металлов или оксидов, это не значит, что для нее не писаны законы, открытые на других веществах. Так оно и получилось.

Эксперимент Бруно Эскрибано ставил с помощью растрового микроскопа, который применяют при исследованиях окружающей среды. В отличие от обычного микроскопа, в камере которого вакуум должен быть всегда, этот микроскоп позволяет заполнять камеру водяным паром или каким-нибудь другим газом с давлением до 4 кПа. К предметному сто-



1
Структура типа цветной капусты.
 Видно, что она повторяет себя на разных масштабах.



лику микроскопа подвели жидкий гелий, чтобы охладить помещенную на него подложку, и микроскоп был готов к эксперименту. «Сначала мы создавали в камере необходимый для работы микроскопа вакуум с давлением 10^{-4} Па и охлаждали помещенную на столик подложку до рабочей температуры. В нашу задачу не входило изучение влияния материала подложки на морфологию пленок льда, однако мы использовали несколько разных подложек, а именно полированные пластинки бронзы, уг-

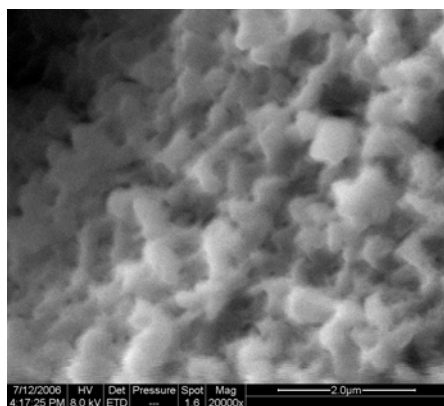
2
Плотная пленка аморфного льда получается, если повысить энергию молекул воды.

лерода, меди, платины и титана. Никакого влияния этих материалов мы и в самом деле не заметили. Для выращивания пленки льда мы переключали микроскоп в режим низкого вакуума, при котором в камеру можно было впрыскивать водяной пар. Для распыления мы применяли либо чистую деминерализованную воду, либо через нее предварительно пропускали гелий, чтобы в камере был еще один газ, а давление пара снизилось. Лед осаждался на холодную подложку, и мы снова переходили в режим высокого вакуума и изучали структуру. А после каждого эксперимента подложку нагревали, лед испарялся и пар улетучивался из микроскопа» — так описывает Бруно Эскрибано и его коллеги свою методику в статье, которая была опубликована в «The Astrophysical Journal», 2008, т. 687, с. 1406.

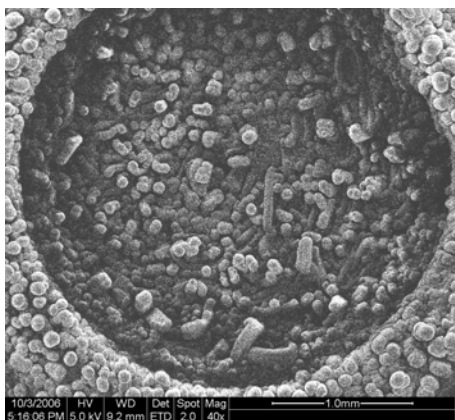
В результате ученым удалось получить много интересных структур. Рассмотрим их по порядку.

Как говаривал один из героев рассказов О.Генри, объясняя школьникам сущность третьего закона термодинамики, нельзя играть, когда очень хо-

лодно. Соответственно когда в камере микроскопа было очень холодно, а энергия молекул водяного пара тоже была низкой, то есть когда воду с гелием при давлении 1 Па распыляли на подложку, охлажденную до 6К, и делали это быстро, в течение 6 секунд, за которые ни пленка льда, ни подложка не успевали нагреться — получалась структура, похожая на цветную капусту: отдельные колонны, разделенные пустыми промежутками (фото 1). Колонны эти имеют форму обратного конуса, то есть расширяются по мере удаления от поверхности. Считается, что при низкой энергии молекул наносимого вещества, а она в этих опытах определяется давлением, молекулы не успевают перемещаться по возникшему твердому телу и занимать наиболее выгодные места. Поэтому образуются кластеры самого разного масштаба. Увеличение давления водяного пара (133 Па без гелия) повышает подвижность молекул, и кластеры сглаживаются: получается структура в виде сплошной фасетчатой пленки, которая местами отстает от подложки (фото 2). Как и положено по диаграмме состояния,

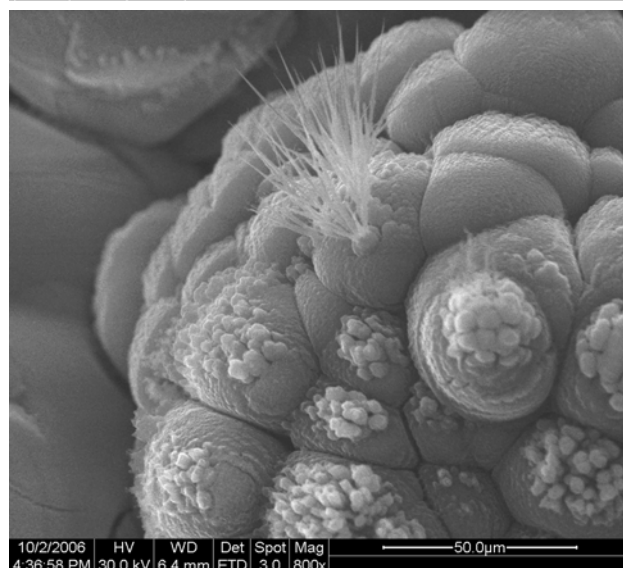
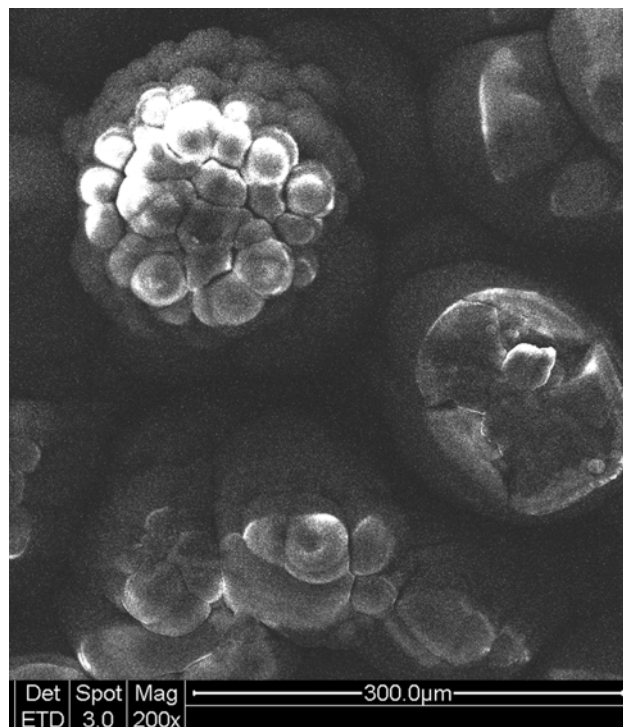
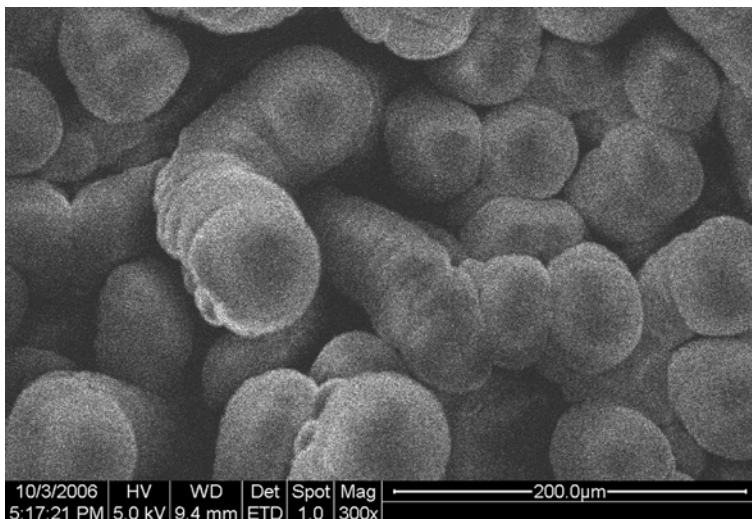


3
Губка из аморфного льда низкой плотности.



5
Такие столбики с «кудрявыми» головками получаются при увеличении давления водяного пара

4
Ледяные столбчатые структуры порой напоминают колонию червяков или щупальца морских тварей



этот лед — аморфный и высокой плотности. Во всяком случае, когда его нагревали, то при температуре 30 К давление водяного пара в камере микроскопа резко росло. Это может означать, что в ледяной пленке, как должно быть при этой температуре, случилось фазовое превращение и лед высокой плотности превратился в свою низкоплотную разновидность. По мнению авторов работы, подобные ледяные структуры должны наблюдаться в отдаленных районах Солнечной системы, где-нибудь в облаке Оорта, из которого предположительно к нам прилетают кометы. Там поверхность космических объектов никогда не нагревается выше 30 К.

Когда воду при давлении 10 Па распыляли в течение несколько большего времени, а именно 83 с, морфология «капустной» пленки изменилась — получилась ледяная губка, то есть монолитное вещество со множеством открытых пор (фото 3). Причина их образования примерно понятна. Сначала, пока пленка еще тонкая, получается структура типа цветной капусты. Постепенно, по мере присоединения новых молекул воды, пленка нагревается как из-за выделения так называемой скрытой теплоты кристаллизации, так и за счет поглощения кинетической энергии мо-

6
Нагрев приводит к появлению на вершине столбиков усов из кристаллического льда

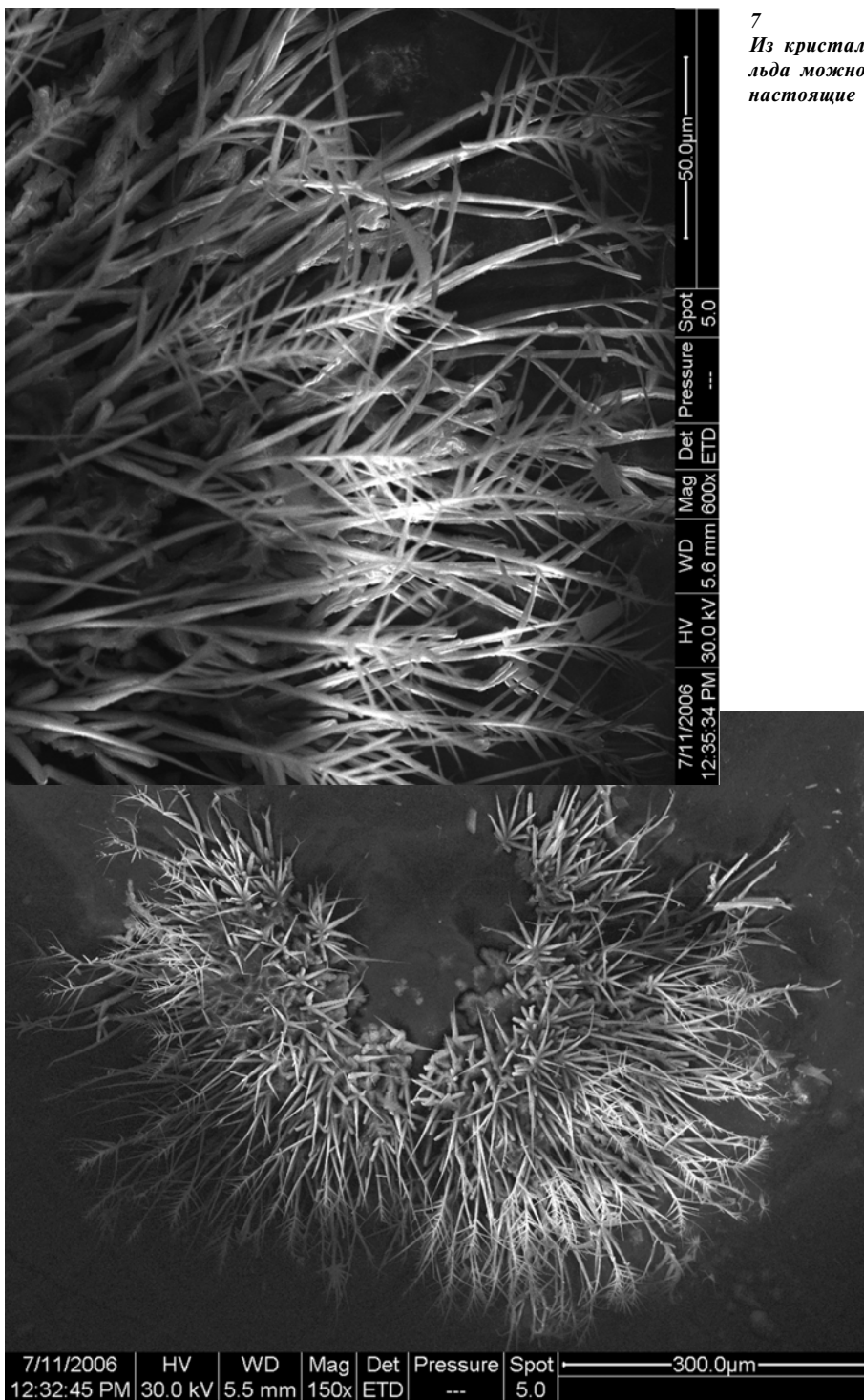
лекул. Нагревшись, ледяные кластеры получают возможность перейти к более энергетически выгодному состоянию: лучше слипнуться и уменьшить суммарную площадь поверхности и соответственно связанную с ней поверхностную энергию. Пленка при этом нагрелась предположительно до 80 К. Кстати, подобный переход к губке наблюдается и при напылении металлических пленок.

От «капустной» структуры можно двигаться и в другом направлении: увеличивая плотность потока молекул воды. В этом случае, а именно при напылении воды с гелием под давлением 133 Па в течение нескольких минут, получается структура, похожая на выстроенные спички, она же столбчатая структура (фото 4). Замечательное качество

этих столбиков в том, что у них и головка, и тело разбиты на сегменты, они похожи на живых существ — эдаких ледяных червяков. Подобный «потрепанный шерстяной ковер» наблюдал в 1987 году Д.Лауфер с коллегами, когда выращивал пленки льда при 20—100 К («Physical Review» В, 1987, т. 36, с. 9219).

Логично предположить, что и губчатые, и столбчатые структуры появляются на космических объектах с температурой поверхности в интервале 30—130 К, где существует аморфный лед низкой плотности. Такие условия наблюдаются в поясе Койпера и на холодных ледяных спутниках планет-гигантов.

Еще больше увеличивая давление, то есть распыляя пар при 133 Па без добавок гелия в течение 18 минут, удает-



ся получить столбчатую структуру с отчетливо выраженными фрактальными образованиями на вершине (фото 5). Нагрев подложки выше 220 К привел к интересному эффекту: на вершине столбиков выросли усы, огранка которых не оставляет сомнения в том, что это кристаллический лед (фото 6). Подобные структуры следует искать в кольцах Сатурна и на поверхности некоторых, особо горячих ледяных спутников и планет.

После обнаружения усов стало понятно, что случится при дальнейшем увеличении температуры подложки:

будет образовываться кристаллический гексагональный лед в виде каких-либо ветвистых структур, ведь всем известна его способность порождать снежинки. Структуры, получившиеся при длительном, в течение 18 минут, распылении пара под низким давлением 10 Па подтвердили эти ожидания (фото 7). Образование раскидистых деревьев вместо пленки связано со сложными тепловыми потоками в камере микроскопа. Подложка в опытах была очень холодной, почти абсолютный ноль. Стенки камеры — теплее на



ЭКСПЕРИМЕНТ

300 градусов. Очевидно, что от них к растущим кристаллам идет поток тепла. А сам кристалл по мере своего роста все с большим трудом передает это тепло, а также тепло от фазового превращения на подложку. Все вместе и порождает такие чудесные сады из кристаллического льда. Причем эти изящные структуры получаются без всяких заговоров, наговоров и прочих магических приемов, которыми не столь давно стали хвастать некоторые любители сверхъестественных свойств воды.

Мораль же из этого рассказа совсем другая, и ее очень хорошо сформулировал один из соавторов работы — Юлиан Картрайт, выступая с сообщением об опытах с холодным льдом на прошедшей в ноябре 2008 года конференции по льду в космосе, организованной Европейским фондом науки. А сказал он примерно следующее: полученные нами структуры порой чрезвычайно похожи на живые объекты. Поэтому когда исследователи космоса увидят нечто подобное в найденных ими образцах, им не следует сразу же собирать пресс-конференцию и объявлять о находке инопланетной жизни. К объектам надо будет очень тщательно присмотреться. С другой стороны, кто знает, не служит ли сходство с тем же червячком намеком на то, что жизнь зародилась на подобных ледяных структурах и в последствии сохранила память об исходных формах своего существования?

Вот такой получился у испанских ученых новогодний подарок любителям поразмышлять о происхождении жизни, число которых, несмотря на всеобщий скептицизм, отнюдь не уменьшается, что не может не радовать сотрудников научно-популярных журналов.



ОБ АРХИВЕ



Архив «Химии и жизни» за 42 года — это более 50 000 страниц, рассказывающих о современной науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков.

Электронный архив дает возможность поиска по ключевым словам и смысловым конструкциям.

Предупреждаем: архив защищен от копирования, можно переписывать только отдельные статьи и рисунки, но не весь диск.

Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.

Узнать подробности и заказать архив можно на сайте журнала www.hij.ru

и по телефону
(495) 267-54-18.

О ПОДПИСКЕ

Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Для этого нужно отправить запрос по электронной почте redaktor@hij.ru, мы вышлем квитанцию для оплаты через Сбербанк. Подписку можно оплатить и электронными Яндекс-деньгами через наш киоск: www.hij.ru/kiosk.shtml.

**Справки
по телефону
8 (499) 978-87-63**



Для оформления подписки ищите на почте каталоги «Роспечать», www.rospr.ru, индексы 72231 и 72232; «АРЗИ» (Пресса России), www.arzi.ru, индексы 88763 и 88764; «Межрегиональное агентство подписки» (Почта России) www.mar-smi.ru, индексы 99644 и 99645, а также обращайтесь в агентства «Урал-пресс», uralpress.ur.ru, (495) 789-86-36; «Вся пресса», (495) 906-07-35; «Интерпочта», www.interpochta.ru, (495) 684-55-34; «Комкур» (Казань), (843) 291-09-77; «Артос-Гал», (495) 981-03-24; «Информнаука», (495) 787-38-73.



ИНФОРМНАУКА

- Алкогольная кома и отравление аммиаком □ 11, 53
 Арктический лед и углекислый газ □ 6, 56
 Бензин с меткой □ 8, 50
 Богатство и бедность по-русски □ 3, 58
 Бутылки в разных водах □ 6, 57
 В ожидании столкновения □ 10, 4
 Вино вину рознь □ 11, 21
 Вода в нашем теле □ 2, 15
 Генетика гиперактивности и дефицита внимания □ 1, 5
 Генетика женской агрессивности □ 6, 16
 Гены спортивной успешности □ 11, 53
 Главное, чтобы костюмчик сидел □ 4, 4
 Древние бактерии устойчивы к антибиотикам □ 6, 17
 Диагноз по слюне и зубному камню □ 12, 61
 Европейцы не сохранили свое африканское прошлое □ 8, 9
 Жидкая руда со дна океана □ 9, 48
 Запах смерти □ 2, 15
 Защита глаз при химических ожогах □ 7, 10
 Защитная полоса лягушек □ 9, 5
 Землетрясения случаются зимой □ 9, 48
 Золото без яда □ 4, 5
 Как полетели птицы □ 6, 37
 Кирпичи из наноалмазов □ 5, 46
 Кому нужна упитанность будущей мамы? □ 8, 53
 Лекарство от болезни Альцгеймера нашел компьютер □ 4, 52
 Метаболический оптимум □ 12, 48
 Метан в атмосфере в прошлом и будущем □ 6, 56
 Мозг в невесомости и после □ 1, 4
 Молоко с трансгенного козла □ 1, 6
 На пляж с дозиметром □ 8, 51
 Нанопористый углерод □ 7, 10
 Наночастицы проникают в мозг □ 9, 4
 Наночастицы серебра тормозят рост опухоли □ 12, 60
 Нет клеща – нет энцефалита □ 9, 49
 Новая нефть на старом месте □ 2, 14
 Осторожно, жир! □ 12, 61
 Острый, прочный, не стальной □ 10, 51
 Пептиды вместо антибиотика □ 9, 4
 Пластик с серебром □ 10, 4
 Полимер вместо фарфора □ 2, 14
 Потому что он русский □ 11, 21
 Русская народная птица □ 4, 53
 Самый знаменитый гигантский болид □ 1, 4
 Сапфир для королевы великанов □ 12, 48
 Сезон заменителей сахара □ 5, 47
 Сосульки на дрожащей крыше □ 10, 5
 Средство от близорукости — в глазу □ 6, 16
 Средство проникновения в клетку □ 2, 51
 Стекло-хамелеон с мгновенным откликом □ 12, 60
 Страницы печатные и электронные □ 7, 11
 Станный полимер □ 8, 52
 Температура якутских зайцев □ 9, 5
 Тромбы можно лечить снаружи □ 2, 51
 Фигурына атомных весах □ 3, 58
 Флаг-генератор □ 4, 5
 Фуллерены на потоке □ 5, 46
 Характер по отпечаткам пальцев □ 12, 49
 Цирроз печени и митохондрии □ 9, 37
 Чистящий лед □ 8, 52
 Экономика или Солнце? □ 10, 51
 Электронный язык в сточной воде □ 8, 50
 Эстафета монголоидных генов □ 8, 8
 Q10 против инфаркта миокарда □ 3, 59
- ## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ, МАСТЕРСКИЕ НАУКИ
- Александров Е.Б., Запасский В.С.** Медленный свет: за фасадом сенсации □ 2, 26
Алексеев С. Органический солнечный элемент □ 8, 39
Анацкая О.В., Виноградов А.Е. Полиплоидия в сердце: защита и слабость □ 9, 34
Андреев С.М., Охота на вирус папилломы □ 12, 16
Благутина В. Псевдоживая полимеризация □ 8, 24
Бехтерева Наталья Сила мысли продлевает жизнь □ 10, 8
Ванке В.А. Электроэнергия из космоса □ 4, 29
Данилов П. Русские трубы для ЦЕРНа □ 3, 6
Еськов К.Ю. Палеонтология и макроэволюция... □ 7, 44
Завражных А.Ю., Зломанов В.П., Турчен Д.Н. Химический ковер-самолет □ 8, 28, □ 9, 28
Зеленый Л.М. Космос XXI □ 1, 24
Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Катализаторы в почве □ 6, 26
Карловский Д.В. Сила мысли □ 4, 18
Клещенко Е. ГМО на свободе □ 6, 18
Клещенко Е. Групповой отбор возвращается? □ 5, 48
Клещенко Е. Разум — продукт общения? □ 9, 44
Комаров С.М. Ловушка физиков — XXI □ 3, 8
Комаров С.М. Технологи XXI века □ 8, 4
Корнилов М.Ю. пергидрографит, пергидроалмаз... □ 6, 48
Космачевская О.В., Шумаев К.Б., Топунов А.Ф. Гемоглобины — белки-многоборцы □ 2, 34
Котина Е. Делить проще, чем складывать? □ 1, 72
Кудинов А.Р., Кудинова Н.В. О пользе холестерина □ 2, 16
Леенсон И.А. Поспешай медленно □ 5, 34
Маркина Н.В. Загадки и противоречия творческого мозга □ 11, 4
Мотыляев А. Большое столкновение □ 3, 4
Намер Л., Ильин И. Обратная задача энергетики □ 8, 44
Островский М.А. Глаз и Солнце, или Фотохимия зрения □ 2, 4
Перминова И.В. Гуминовое сырье — альтернатива биомассе □ 12, 4
Пудов В.Д. «Нептун» следит за Океаном □ 7, 32
Резникова О.И., Вельков В.В. ИХЭД — лаборатория в саквояже □ 3, 43
Резник Н.Л. Мозг ищет хозяина □ 6, 34
Резник Н.Л. Три точки генетического кода □ 2, 10
Суринов Б.П. Для чего нам нужны запахи □ 11, 48
Староверов С.М. Гонки с препятствиями в разных направлениях □ 4, 12
 Ценные результаты дешевым геномом □ 3, 14
Чекмарев А.М. Радиоактивность вокруг нас □ 10, 12
Чекмарев А.М. Ядерная энергетика и Радиоактивные отходы □ 11, 26
Шейндлин А.Е. Алюмоводородная энергетика. □ 3, 50
Шибяев В.П. Жидкие кристаллы: холестериники □ 7, 4
Давид Шраер-Петров, Стафилококк против меланомы □ 10, 22
Шумаев К.Б., Космачевская О.В., Топунов А.Ф. Оксид азота —

с гемоглобином и не только
□ 4, 22

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА, ЭЛЕМЕНТ □, ЭКСПЕРИМЕНТ, ЛАБОРАТОРНАЯ ПРАКТИКА, СТАТИСТИКА, КАЛЬКУЛЯТОР

Анофелес С. Ледяные узоры
холодного мира □ 12, 56

Анофелес С. Химик и
диплом □ 8, 23

Волошин О.В. Обезьяны
прокладывают дорогу на
Марс □ 8, 32

Волошин О.В. Долгая
дорога к Марсу □ 9, 38

**Головань Л.А.,
Кашкаров П.К., Тимошенко
В.Ю.** В решетке поплыли они
□ 4, 6

Зеленов В.П. Секреты
лабораторной кухни. □ 4, 58

Леенсон И.А. Найлон и
Карозерс, миф и правда □ 6,
52, □ 7, 24

Леенсон И.А. Технеций: что
нового □ 12, 22

**Лябин М.П., Строкатова
С.Ф.** Золото □ 5, 38

Манилов Ф. Дизельная
рапсодия □ 5, 31

Паравян Н.А. Ошибка
великого писателя □ 5, 41

Уорден Кейт, Материалы
для ремонта человека. □ 3,
46

Хатуль Л. Есть контакт!
□ 10, 44

Хатуль Л.А. Приключения
горячей частицы □ 1, 36

ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА, РЕСУРСЫ, НОУ-ХАУ

Алексеев С. Устройства
алюмоводородной
энергетики. □ 3, 53

Андреев С.М. Охота с
фуллереном на вирус
папилломы □ 12, 16

Арутюнов В.С. Биотопливо:
новая энергетика или
модное увлечение? □ 5, 27

Благутина В.В. Растения —
химические реакторы □ 7, 20

Кизильштейн Л.Я.
Угольный метан — демон
подземного царства □ 1, 46

Комаров С.М. Как нам
обустроить Сочи? □ 6, 42

Литвинов М. Энергия
порционно. □ 3, 54

**Мадисон В.В.,
Мадисон Л.В.** Коровы из
пробирки: прошлое и
будущее □ 10, 28

Максименко О.О. Истатья в
пламени дуги □ 8, 48

**Минеев В.Г., Болышева
Т.Н.** В защиту нитратов и
фосфатов □ 3, 20

Перминова И.В. Гуминовые
вещества — вызов химикам
XXI века... □ 1, 50

**Садовский А.С.,
Товмаш А.В.**
Электроспиннинг — это что?
то новенькое? □ 11, 22

Спектор Э.М. Дорожная
химия □ 8, 20

Стрельникова Л. Нано по-
американски □ 3, 38

**Чекмарев А.М.,
Шаталов В.В.** Будущее
обеденного урана □ 5, 22

Эрлих Генрих,
Нанотехнологии как
национальная идея □ 3, 32

ГИПОТЕЗЫ, РАЗМЫШЛЕНИЯ, ПРОГНОЗЫ, НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР, А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

Анофелес С. Дейтериевая
жизнь □ 1, 32

Анофелес С. Диета
Диплодока-II □ 4, 46

Верховский Л.И. Два этюда
о строении Земли □ 7, 29

Комаров С.М. Охота за
планетами □ 7, 36

Кошланд Дэвид, Полвека
«перчаточной» модели □ 8,
60

Кирпичев Ю. За что сожгли
Джордано Бруно? □ 5, 14

Комаров С.М. Возвращение
в мир Аристотеля □ 5, 10

Комаров С.М. Лаз во
вселенную □ 11, 12

Минвалеев Р.С. Физика и
физиология туммо □ 12, 28

Матц М.В. Флуоресценция
как способ общения в океане
□ 12, 36

Миркин В.И. Не темная
энергия □ 5, 16

Мотыляев А. Дракон из
семейства лонгисквамид □ 6,
38

Резник Н.Л. Большой выход
□ 12, 40

Тенненбаум Джонатан,
Изотопная экономика □ 1,
28

Федоров П.П. Архаическое
мышление □ 1, 16

Фролов Ю.П. У истоков
многоклеточности □ 6, 30

Хатуль Л. Хвост виляет
собакой. □ 7, 54

Шулюпин О.К. Возможная
экзобиология □ 11, 56

ДИСКУССИИ

Багоцкий С.В.
«Педагогическая генетика»
В.П.Эфроимсона: за и
против □ 7, 50

Багоцкий С.В. Чем
заменить ЕГЭ □ 4, 56

Квадрат Помпоний,
Размышления о драконах □
8, 36

Овчинников В.В. Еще раз о
процедуре □ 9, 14

Оленин А.Ю.
термодинамика и кинетика
ЕГЭ □ 11, 18

Подлазов А.В. Мысли про
ЕГЭ □ 9, 10

Подлазов А.В. Раша, куда ж
несешься ты? Дай ответ! Не
дает ответа □ 9, 12

Резник Н.Л. Жизнь после
ЕГЭ □ 7, 58

Стрельникова Е.Н. В
зеркале ЕГЭ □ 10, 18

Тарханов О.В. Плодородие
без гумуса и удобрений □ 3,
24

РАССЛЕДОВАНИЕ

**Алексеев В.Г.,
Лапшин С.В.** Проверка
пенициллинов. □ 5, 42

Комаренко С.О.
Химическая борьба □ 9, 58

Клещенко Е. ГМ-продукты:
битва мифа и реальности
□ 1, 10

Комиссаров Г.Г. Новое
уравнение фотосинтеза □ 2,
20

Леенсон И.А. Кто такие
Сеан и Ксионг, или Чем
транскрипция отличается от
транслитерации □ 10, 48

Леенсон И.А. Иод или йод?
□ 12, 58

Леенсон И.А. Кто впереди
по Нобелевским премиям?
□ 5, 59

Намер Л. Кое-что о патентах
□ 8, 23

Складнев Д.С. Тяжелая
вода и жизнь □ 1, 34

Садовский А.С. Карповка:
ранние дни □ 9, 20

Эрлих Г.В., Лисичкин Г.В.
Наука в России и в мире:
попытка беспристрастного
рассмотрения □ 2, 44

Язев С.А. Астрология и
логика □ 7, 12

Язев С.А. Астрология и
логика, или Шесть вопросов к
астрологам □ 6, 10

Язев С.А. Что такое научный
метод □ 5, 4

СОБЫТИЕ, ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОВ

Каховский Л. Нарушенные
симметрии □ 12, 14

Клещенко Е. Джеймс Уотсон
в Москве □ 8, 10

Клещенко Е. Награда за
пойманный вирус □ 12, 11

Клещенко Е. Прекрасный
свет медузы □ 12, 10

Комаров С.М. Технологи
XXI века □ 9, 6

Косарев А.И.
Международный фейерверк
□ 11, 40

Литвинов М.
Экспериментаторы. □ 6, 58

Савинов И.А. У колыбели
эволюции □ 1, 42

Стрельникова Л. Мозговой
штурм □ 10, 6

Язев С.А. Экран для Солнца
□ 6, 4

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

Каабак Л.В. «Эффекты бабочки» в истории человечества □ 2, 38

Паравян Н.А. С кем поведешься. □ 3, 60

Резник Н.Л. Рассказики про подсолнух □ 10, 36

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ, ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ, ПОРТРЕТЫ, ПАМЯТЬ, АРХИВ

Бруно Джордано, Спор о бесконечности Вселенной □ 5, 13

Грученко Г.И. Александр Николаевич Энгельгардт □ 1, 56

Евсеевичева А.Н. Шутки серьезного человека □ 9, 24

Каховский Л. Ханс Бете: Через атомные ядра — к звездам □ 11, 54

Кантор Б.З. «Волшебная флейта»: действующие лица и исполнители □ 4, 32

Корнилов М.Ю. Невыдуманные истории. □ 4, 54

Перутц Макс, Болезнь, о которой забыли □ 2, 54

Раменский Е.В. Памяти Льва Львовича Киселева □ 11, 44

Сахаров Д.А. Физиолог Турпаев. □ 5, 54

Селезнев В.П. Мои первые шаги в космонавтике □ 8, 54

Селезнев В.П. Сражение с дьяволом невесомости □ 9, 50

Селезнев В.П. Неполладки техники и людей □ 10, 52

Хогланд Малон, На арену выходят транспортные РНК □ 12, 45

ЗДОРОВЬЕ, ЧТО МЫ ЕДИМ

Боринская С.А. Гены алкоголизма □ 7, 40

Козлов А.И., Нувано В., Здор Э. Диета чуколки □ 4, 42

Резник Н.Л. Жизнь в слезах □ 9, 42

Скальный А.В. Микроэлементный человек □ 1, 38

ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Анофелес С. Клетки-террористки против клеток-саперов □ 9, 9

Мотыляев А. Нанолитые под давлением и без □ 12, 47

Семенов А. Репортаж из-под воды □ 11, 34

КНИГИ

Верховский Л.И. Это страшное слово «энтелехия» □ 4, 26

Каховский Л. Литературные геммы Макса Перутца □ 2, 52

Леенсон И.А. Гимн отечественной химии □ 7, 28

Павшук Е. Экскурсия на Белое море □ 10, 40
Уроки Джеймса Уотсона □ 8, 16

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Багоцкий С.В. Стихи о биологической эволюции □ 9, 55

Коваль С.Ф. Хлеб и его предки □ 11, 60

Скуридин Г.М. Русский квас много народу спас □ 4, 48

Хатуль Л. Ювелирные металлы □ 3, 28

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

Викторова Л. Утка □ 1, 68

Викторова Л. Соль □ 2, 68

Викторова Л. Сливочное масло □ 3, 68

Викторова Л. Гречка □ 4, 68

Викторова Л. Кабачок □ 5, 68

Викторова Л. Клубника □ 6, 68

Викторова Л. Грибы □ 7, 68

Викторова Л. Арахис □ 8, 68

Викторова Л. Баклажаны □ 9, 68

Викторова Л. Яйца □ 10, 68

Викторова Л. Авокадо □ 11, 68

Викторова Л. грецкий орех □ 12, 68

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

Котина Е., Делить проще, чем складывать? □ 1, 72

Котина Е. О бессмертии и изменчивости □ 2, 72

Котина Е. Что значит быть женщиной □ 3, 72

Котина Е. Любовь с обманом □ 4, 72

Котина Е. Любовь под водой □ 5, 72

Котина Е. Двое умных, а третий... □ 6, 72

Котина Е. Любовь в коммуналке... □ 7, 72

Котина Е. О верности и ревности... □ 8, 72

Котина Е. Товарищи по отряду... □ 9, 72

Котина Е. Любовь как свойство разума □ 10, 72

Котина Е. Биохимия Святого Валентина □ 11, 72

Котина Е. Любовь правнуков □ 12, 72

УЧЕННЫЕ ДОСУГИ

Квадрат Помпоний, Теогенез □ 4, 38

Павлов А.В. Освежитель воздуха против ржавчины □ 4, 59

ФАНТАСТИКА

Выставной Владислав, Мой друг Пашка □ 1, 64

Гелприн Майк, Мудрствуя лукаво □ 11, 64

Гофри Юлия, Портрет Сариты □ 10, 62

Истратова Ирина, Том

Первый □ 8, 62

Клещенко Елена, Серое перышко □ 3, 62

Козлов Вячеслав, Парадокс Мамкина □ 2, 60

Марченко Андрей, Этот город □ 9, 62

Нестеренко Юрий, Самоубийство □ 4, 62

Сиромолот Юлия, Полив по графику □ 7, 62

Стародуб М. Городской музей изящных искусств □ 5, 62

Юрт Юрий, Великий ужас с планеты песков □ 6, 62

Ясинская Марина, Трубочист из Застеколья □ 12, 62

ИНФОРМАЦИЯ

Задание для разминки к Всероссийской олимпиаде по органической химии □ 1, 63

Общий стол для европейцев □ 1, 60

ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Гольдфаин И.И., Цусима: что произошло? □ 7, 61

Жилин Д. Об атоме, химическом элементе и ложных друзьях переводчика □ 8, 49

Корнилов М.Ю. Химическое решение одной математической задачи □ 6, 60

Леенсон И.А. История с языком. □ 2, 58

Травникова О. Об электронах для пчеловодов □ 6, 22

Чайлахян Л.М., Тарасова О.С., Шноль С.Э., Беркинблит М.Б. О статье Д.А.Сахарова «Физиолог Турпаев» □ 10, 58

Иод или йод?

Идея этой статьи появилась после публикации в разделе «Переписка» ответа А.Васильеву из Зеленогорска: «Символ иода, как указано в Химической энциклопедии и БСЭ – от латинского Iodium, а J, видимо, периодически появляется как производное от русского «иод».

Однако такой ответ сам вызывает вопросы. Иод был открыт только в XIX веке, у древних римлян этого слова не было, так что очевидно, что латинское название придумано химиками, и не так давно. Кстати, правильное написание этого элемента на латыни не Iodum, а Iodum. Причем писать это слово химики могли как с «i», так и с «j»! Так, в «Курсе общей химии» Б.В.Некрасова (М.: Госхимиздат, 1962) читаем: «Латинское название Iodum, химический знак J». Причем в тексте, в таблицах и в химических формулах в этом учебнике используется символ элемента J, но одновременно везде написано только «иод», «иодиды» и т.д. (но не «йод», «йодиды»...).

Далее, «периодически появляющаяся J» (очевидно, речь идет о символе элемента в периодических таблицах) никак не может быть «производной от русского иод», а лишь от слова «йод»! Не говоря уже о том, что символы химических элементов никогда не производились от русских названий элементов, а только от греческих и латинских корней – кто бы и в какой бы стране эти названия ни придумывал. Такова традиция.

Что говорят словари русского языка? В четырехтомном академическом «Словаре русского языка» (М.: Русский язык, 1981) – только «йод». Однако можно встретить оба написания: иод и йод, причем чаще всего на первое место ставят «йод», например, в Словаре иностранных слов (М.: Русский язык, 1983). В Советском энциклопедическом словаре (1983) читаем: «Йод, см. Иод», то же и в Новом энциклопедическом словаре (2006). В современных таблицах элементов и в химических формулах мы встречаем только I. Почему так происходит? И как правильно?

В химических текстах принято писать это слово через «и-восьмеричное», то есть «иод». А вот в медицинских и художественных текстах принято писать это слово с «и-кратким»: йод. Поясним заодно, что термин «и-восьмеричное» происходит от цифрового значения 8 этой буквы в старом славянском алфавите, как и греческой буквы «ита» («эта») – з, от которой и произошла кириллическая «и» (буква «б» не имела в кириллице числового соответствия). Соответственно десятая буква старого алфавита і называлась «и-десятеричным», так как имела числовое соответствие 10, как и греческая «йота» – й.

Прежде всего выясним, откуда произошло название «иод» и кто его придумал. Оказывается, открыл этот элемент один химик, а название ему дал другой, что бывало, кстати, не так уж редко. Честь открытия иода принадлежит французцу Бернару Куртуа (Bernard Courtois). Он родился в Дижоне в 1777 году. С детства работал на селитроваренном заводе, принадлежавшем его отцу. Потом был подмастерьем у фармацевта. В 1799 году, после учебы в Политехнической школе, был призван в армию, работал фармацевтом в военных госпиталях. В 1801 году Куртуа вернулся в Политехническую школу, чтобы стать ассистентом известного химика Луи Жака

Тенара, будущего академика и президента Парижской академии наук.

После смерти отца Куртуа вернулся в Дижон. Для производства солей натрия и калия на своем теперь заводе Куртуа использовал золу из бурых морских водорослей. Щелок, полученный при выварке золы, выпаривали в медных котлах. Для осаждения примесей в раствор добавляли серную кислоту. При этом медь подвергалась коррозии, чего не было при варке чистых солей. Куртуа занялся поиском вещества, разъедающего медь, и в 1811 году открыл новый элемент. Не имея возможности изучить его более детально, Куртуа обратился к другим химикам. Широкую известность его открытие получило лишь спустя два года, когда 9 ноября 1813 года о нем сделал доклад французский химик Никола Клеман. В нем, в частности, говорилось: Куртуа обнаружил, что «маточный рассол золы морских водорослей содержит довольно большое количество весьма странного и интересного вещества. Извлечь его очень легко... Вещество, выпадающее в виде черного порошка после прибавления серной кислоты, выделяется под действием тепла, образуя пар великолепного фиолетового цвета; этот пар конденсируется в аллонже и приемнике в виде кристаллических пластинок с ярким блеском».

Последующие анализы показали, что сплавленная зола морских водорослей может содержать до 1% NaI. При упаривании раствора происходит концентрирование не только солей, но и серной кислоты, которая проявляет окислительные свойства: $2\text{NaI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Завод в Дижоне вскоре пришел в упадок из-за ввоза во Францию индийской селитры. Тогда Куртуа решил заняться добычей иода. Препараты этого элемента стали широко использоваться для лечения болезни щитовидной железы – зоба. За медицинское использование своего открытия Куртуа в 1831 году получил большую награду – 6000 франков. А 9 ноября 1913 году, спустя ровно сто лет после публичного сообщения об открытии, в Дижоне состоялась торжественная церемония, и на доме, в котором родился Куртуа, была укреплена памятная табличка, а через год его именем была названа улица в Дижоне. Первооткрыватель иода (он умер в 1838 году) не опубликовал за свою жизнь ни одной научной статьи.

Клеман сделал свое сообщение лишь после того, как новое вещество подробно исследовал Жозеф Луи Гей-Люссак, который установил элементарную природу иода, а также синтезировал многие его производные, в том числе иодоводородную кислоту HI, иодную кислоту HIO₃, иодный ангидрид I₂O₅, хлорид иода ICl и другие.

Гей-Люссак не только подробно изучил новый элемент, но и дал ему название. Он произвел его от греческих корней «фиалка» и «вижу, кажусь», по-гречески ἰεῖδις – цвета фиалки, фиолетовый. По-французски слово писалось (и сейчас пишется) iode. А как в других языках?

В России до реформы орфографии 1918 года проблем с написанием не было: по правилам, перед гласными (а также в окончаниях перед «й») писалась только i: iаковъ, iезуиты, iодъ, iюль, химический и т. д. Соответственно и символом элемента служила буква I. Отсюда, кстати, следует, что мод-



ные сейчас «старые» надписи в названиях, витринах, на вывесках и т.п. типа «Русский холодъ», «Храмъ Христа» и множество других написаны с грубыми ошибками. После реформы орфографии и упразднения ряда букв некоторые вопросы остались не урегулированными. Во всяком случае, в изданной в 1924 году книге В.Герца «Очерк истории развития основных воззрений химии» написано «иод», «иодиды». Такое же правописание в «Курсе неорганической химии» Г.Ремми издания 1963 года. Но, в отличие от учебника Некрасова, символ элемента I, а не J.

Посмотрим, что в других языках. В английском название элемента пишется несколько иначе, чем во французском: iodine и произносится «айоудин» – с кратким или долгим «и» в последнем слоге. В испанском существует два написания: iodo в химических текстах и yodo – в остальных. То есть полная аналогия с русским языком! (По традиции, латинская i транслитерируется в русском языке как «и», а j – как «й».) В португальском, как и в испанском, iodo. По-итальянски написание аналогично французскому: iodio. Однако в Русско-немецком словаре М.Я.Цвиллинга, содержащем около 150 тысяч слов (М.: Русский язык, 1997), это слово написано через «жи» (нем. «Йот») – Jod! В Немецко-русском словаре того же издательства (1998) также читаем: Jod (хим. знак J) йод. То же наблюдаем и в других языках германской группы, а также в языках, на которые значительное влияние оказали германские языки. Например, в голландском – jood (в химических текстах jodium), в исландском jor, в датском, шведском, норвежском – jod; так же это слово пишется в польском, сербскохорватском (jod и jod), венгерском, чешском (jod) и др. языках. Буква j присутствует в названии этого вещества в латышском (jods), эстонском (jood), литовском (jodas).

Так, может быть, именно в немецком языке следует искать происхождение нашего «йод» и символа J? Эту гипотезу можно проверить по периодическим таблицам элементов, изданных в разные годы в разных странах, благо подборку из 27 таблиц с комментариями опубликовал в 1992 году крупнейший отечественный историк химии Д.Н.Трифонов. Во всех англоязычных изданиях, как и следовало ожидать, стоит символ I. Символ J мы встречаем в «лестничной» таблице датского физикохимика Юлиуса Томсена (1895), написанной на немецком языке; в «астероидной» таблице чешского химика Богуслава Браунера (1902); в прообразе современной длинной формы таблицы швейцарского химика Альфреда Вернера (1905); в таблице шведского физика Йоханнеса Роберта Ридберга (1906), в которой впервые проставлены порядковые номера элементов; в таблице немецкого химика Эмиля Бауэра (1911), предложившего термины «главная» и «побочная» подгруппы; а также в таблицах родившегося в Польше, но работавшего тогда в Германии Казимира Фаянса (1915), немецкого физика Рудольфа Вальтера Ладенбурга (1920), знаменитого датского физика Нильса Бора (1921), немецкого химика Рихарда Йоганна Свинне (1926), немецкого химика Карла Малера (1927). То есть во всех этих «немецкоязычных» таблицах стоит символ J, тогда как в таблицах английских, американских, французских химиков – символ I. Значит, вполне вероятно, что и символ J, и слово «йод» появились у нас под влиянием немецкого языка. Тем более что

Германия в течение длительного времени была законодательницей в области химии и лидировала по числу Нобелевских премий по химии (см. «Химию и жизнь», 2008, □ 5). Этот вывод подтверждает и «Краткий этимологический словарь русского языка» Н.М.Шанского, В.В.Иванова и Т.В.Шанской (М.: Просвещение, 1971): «Иод. Заимств. в XIX в. из франц. яз. через нем. посредство». Неудивительно, что превалирование «немецкой химии» отразилось и на химии фармацевтической. В течение длительного периода немецкие фармацевтические концерны «Bayer», «Merck» снабжали лекарствами весь мир. Многие русские врачи, как и химики, учились в Германии. И «вывезли» оттуда и «йодную настойку», и «йодоформ», и символ этого элемента J.

Появление в современном немецком языке все большего числа англицизмов приводит к тому, что «истинно немецкий» Jod начинает уступать место слову Iod. Так, в изданной в 1989 году в Лейпциге книге по истории химии «ABC Geschichte der Chemie» на традиционное написание этого слова по-немецки следует отсылка: «Jod. > Iod». Трудно сказать, появится ли со временем такая тенденция и в русском языке.

В заключение – мнение филолога Натальи Юдиной, декана факультета русского языка и литературы Владимирского государственного педагогического университета, доктора филологических наук: «Узаконенное «Правилами орфографии» написание слова «йод» через сочетание «йо» противоречит русской графической норме, т.к. звучание «йод» требовало бы написания «юд», как и в слове «юлка». Буква «ю», собственно, и придумана была для того, чтобы преодолеть неестественность сочетания «йо» на письме». Именно такое написание мы находим в белорусском языке: юд, юдзісты, юдаформ. Кстати, слова «йод» и «юд» по-русски должны читаться практически одинаково. Но вряд ли в русском языке в обозримом будущем верх возьмет тенденция замены написания «йод» на «иод» и тем более – на «юд»!

А вот ответ Службы русского языка Института русского языка РАН и компании «Словари.ру» (<http://www.slovari.ru/default.aspx?p=1221>) на вопрос пользователя: «Скажите, пожалуйста, как правильно произносятся слова ион, ионный? Некоторые произносят их с первым звуком [й].» Ответ был такой: «Произношение слова ион согласно данным нормативных словарей является вариативным: можно произносить его с начальным звуком [j], и тогда слово читается как [йон], а можно – в соответствии с написанием [ион]. Сошлемся на всем известный Толковый словарь русского языка С.И.Ожегова и Н.Ю.Шведовой. Подобных указаний относительно прилагательного и других производных не дается, из чего можно сделать вывод, что здесь произношение совпадает с исходным словом».

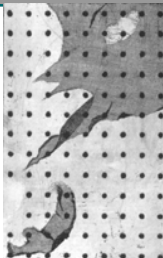
В связи с этим интересно было бы спрашивать профессиональных химиков, как они произносят не только слово «иод», но и «ион», – есть ли такие, которые говорят «юн»?

И.А.Леенсон



НАНОТЕХНОЛОГИИ

Наночастицы серебра тормозят рост опухоли



Сотрудники Института электрофизики и электроэнергетики РАН под руководством академика Ф.Г.Рутберга впервые обнаружили, что наночастицы оксида серебра тормозят рост опухоли. Первые эксперименты поставлены на крысах.

В последние годы онкологи усиленно и небезуспешно исследуют возможность применения наночастиц, нанотрубок, нанокапсул и нанопроводников для лечения злокачественных опухолей. Надежды российских исследователей связаны с наночастицами и ионами серебра, которые обладают цитотоксической активностью и антимикробными свойствами. Взвесь наночастиц серебра можно получить, погружая в воду серебряные электроды и пропуская ток 20–1500 А с напряжением 60 кВ. Для исследования противоопухолевой активности ученые выбрали взвесь с максимальной долей наночастиц меньше 100 нм. Такую взвесь получают при длительности импульса тока 10 мс. Один миллилитр взвеси содержал 4 мкг наночастиц.

Противоопухолевый эффект водной дисперсии частиц серебра исследовали на самцах белых крыс, которым в подкожную клетчатку правого бедра ввели суспензию клеток лимфосаркомы. Сразу после пересадки опухолей ежедневно два раза в сутки крысам вводили через катетер в яремную вену взвесь наночастиц серебра в физиологическом растворе, а контрольным животным – просто физиологический раствор.

В контрольной группе средний размер опухоли неуклонно увеличивался. На десятый день ее диаметр составлял 4,4 см, а у животных, получавших наночастицы серебра – только 3,1 см. У двух животных опытной группы опухоль даже стала уменьшаться. Под влиянием серебра в опухоли происходят дистрофические изменения и уменьшается количество клеток. Однако продолжительность

жизни животных в обеих группах была примерно одинаковой.

В ДНК здоровых клеток присутствует некоторое количество серебра, в ДНК клеток злокачественной опухоли серебра меньше. По мнению питерских ученых, длительное введение взвеси наночастиц серебра восстанавливает физиологическую концентрацию этого металла и «стабилизирует» структуру ДНК в опухолевых клетках. Впрочем, роль частиц серебра в подавлении роста опухоли требует дальнейшего изучения. Но ученые надеются, что эти исследования станут основой для разработки принципиально новых высокоэффективных препаратов с минимальным побочным действием для лечения злокачественных новообразований у животных и человека.

ХИМИЯ

Стекло-хамелеон С МГНОВЕННЫМ ОТКЛИКОМ

Ученые из Института проблем химической физики РАН (Черноголовка, Московская область) предложили подход, который позволяет улучшить качество полимерных стекло-хамелеонов. Речь идет о чрезвычайно важном свойстве этих стекол – способности быстро менять окраску в зависимости от яркости освещения. Работу химиков поддержал Российский фонд фундаментальных исследований (grachov@icp.ac.ru).

Затемненные на свету и прозрачные в темноте стекло-хамелеоны известны давно. Их используют в очках-хамелеонах, из них делают стекла в автомобилях и даже окна (правда, весьма недешевые). Принцип их действия основан на явлении фотохромизма. Суть его в том, что некоторые вещества при облучении обратно изменяются и при этом меняют окраску – тоже обратно. Такого типа соединения и вводят в состав стекла, чтобы на свету оно темнело, приобретая коричневый, серый или другой цвет, а в тени, напротив, становилось практически прозрачным. Время «отклика» стекол на изменение условий

освещенности должно быть как можно меньше, в идеале – близким к нулю. Работа химиков из Черноголовки, возможно, приблизит нас к идеалу. Во всяком случае, время «отклика» их полимерных стекол измеряется секундами – это очень быстро.

Как же ученые добились такого рекордного результата? Предложенный ими метод весьма остроумен. Есть фотохромные соединения – объемные органические молекулы, которые под действием света изменяют конформацию. Образно говоря, такая молекула похожа на бабочку: если она сложила крылья – ее не видно (стекло прозрачное), если расправила на солнышке – блистает во всей красе (стекло темное). Но если бабочка попадет в паутину, расправить крылья ей будет трудно – как трудно плыть в сиропе. С такой же проблемой сталкивается фотохромное соединение в жесткой матрице органического стекла – приходится преодолевать сопротивление длинных малоподвижных молекул, и на это уходит время. Значит, надо создать бабочке-фотохрому такие области, где она могла бы с большей легкостью махать крыльями. И такие оазисы ученые создали, включив в матрицу обычного оргстекла микроскопические области из другого, более гибкого полимера.

Создавая полимеры-включения, авторы перепробовали различные варианты – от нанокапель из сравнительно коротких линейных полимеров до единичных молекул сверхразветвленного строения. Кроме того, химикам пришлось разрабатывать методы синтеза таких полимерных композитов и затем изучать свойства полученных композитных матриц. Выяснилось также, что и метод включения фотохромных соединений (в данном случае это были спиропираны) может влиять на эффективность фотохимических реакций – в общем, работу ученые проделали огромную.

Правда, детальный состав полученных стекол с очагами высокой молекулярной подвижности, равно как и методы их синтеза, авторы пока не публикуют – это область ноу-хау. Но самыми интересными результатами авторы с коллегами уже поделились – рассказали о них на юбилейном двадцатом симпозиуме в Туапсе «Современная химическая физи-



ка». Коллеги оценили представленные данные очень высоко. А рядовым потребителям остается надеяться, что эта пока еще фундаментальная работа обретет практическое воплощение – в удобных, легких и недорогих стеклах-хамелеонах с почти мгновенной реакцией на изменение яркости освещения.

ФИЗИОЛОГИЯ

Осторожно, жир!

Жировая ткань – активный эндокринный орган. При избыточном весе размеры его увеличиваются, он усиленно функционирует, становясь причиной многих заболеваний. Результаты последних научных исследований в этой области обобщила профессор А.В.Баранова из Российского центра медицинской генетики РАМН (Москва) и Университета Джорджа Мэйсона (США) (abarjanov@gmu.edu).

У взрослого человека жировая ткань состоит в основном из подкожного и висцерального (находящегося в брюшной полости) жира. Ее объем зависит не только от образа жизни, он предопределен генетически. Известно несколько сотен генов, так или иначе связанных с жировым накоплением. Многие из них контролируют обмен веществ. Объем висцерального жира в большей степени зависит от генетики.

Главные клетки жировой ткани – адипоциты. При ожирении возрастает их объем, а порой и количество. Адипоциты – не просто вместительные жировые пузырьки. Они синтезируют гормоны, с которыми специалисты связывают развитие метаболического синдрома, то есть ожирения, устойчивости к инсулину, повышенного артериального давления, нарушения липидного обмена. Он, в свою очередь, способствует развитию вторичных осложнений – сердечно-сосудистых заболеваний, диабета второго типа, неалкогольного жирового перерождения печени.

Интересно, что самый известный гормон жировой ткани – адипокинетин – предотвращает развитие атеросклероза, устойчивости к инсулину и общих воспалительных процессов. Но у людей, страдающих избыточным весом, его производится мало. А чем меньше его в организме, тем вероятнее риск метаболического синдрома. Еще один гормон, лептин, регулирует потребление пищи. У людей с ожирением его содер-

жание повышено, поэтому он вносит опосредованный вклад в развитие гипертонии и инсулин-резистентности. Белок резистин, вероятно, стимулирует общее воспаление, способствует появлению сердечно-сосудистых заболеваний. Ученых интересуют еще два гормона – висфатин и апелин. Работа продолжается, но ясно, что при чрезмерных запасах жировой ткани возрастает ее секреторная деятельность.

Помимо адипоцитов, в ней есть и другие типы клеток, например, моноциты и макрофаги. Чем больше объем жировой ткани, тем выше содержание в ней макрофагов, которые в присутствии адипоцитов выделяют сигналы воспаления. Вот почему состояние хронического воспаления характерно для страдающих ожирением.

Разумеется, забота о внешнем виде – личное дело каждого, но последствия избыточного веса гораздо серьезнее, чем до сих пор полагали специалисты.

БИОХИМИЯ

Диагноз по слюне и зубному камню

Предрасположенность человека к кариесу, пародонтозу и диабету можно выявить, если внимательно изучить состав зубного камня и слюны пациента, выяснили ученые из Омского государственного университета им. Ф.М.Достоевского (LudaB2005@mail.ru).

Сотрудники Омского государственного университета проводят любопытные эксперименты. Они выращивают в стакане зубные камни – на настоящих, удаленных по разным причинам, зубах и на искусственных. Цель – узнать, как слюна влияет на их структуру и состав. Это позволяет найти связь между свойствами слюны и зубного камня и... состоянием здоровья человека. Такой метод диагностики порой более точен.

Мало кто знает, что твердый налет желтовато-серого цвета, обычно на шейках зубов и между зубами – это мельчайшие кристаллы минерала гидроксилата. По химическому составу он очень близок минеральной составляющей костей, но если в костях и зубах он нужен, то на поверхности зубов – субстанция совершенно лишняя.

Нарастает зубной камень в основном в местах скопления мягкого зубного налета, постепенно пропитываясь компонентами слюны, среди которых есть и

необходимые для образования минерала соли, содержащие кальций и фосфор. Стоматологи рекомендуют зубной камень удалять, дабы не провоцировать кариес. Кандидат химических наук О.Голованова и ее коллеги уверены: вредный и неэстетичный минеральный налет можно и нужно использовать для диагностики некоторых заболеваний, например диабета, и для выявления предрасположенности к кариесу и пародонтозу.

Ученые ведут работу в нескольких направлениях: моделируют состав слюны, используя водные растворы белков, аминокислот, различных органических и неорганических солей, изучая, как влияет концентрация компонентов раствора на состав и структуру зубного камня, то есть синтезируют гидроксилата в условиях, приближенных к биологической среде, анализируют структуру и состав полученного минерала.

Оказалось, что некоторые вещества, в частности, белок молока казеин, замедляют рост зубного камня. Глюкоза, напротив, ускоряет образование минерального налета, повышает степень его кристалличности, делая прочнее. Из этого не следует, что для профилактики



ки надо держать во рту кусок сыра, лучше регулярно и тщательно чистить зубы. Но гораздо интереснее другое.

Химики вместе со стоматологами

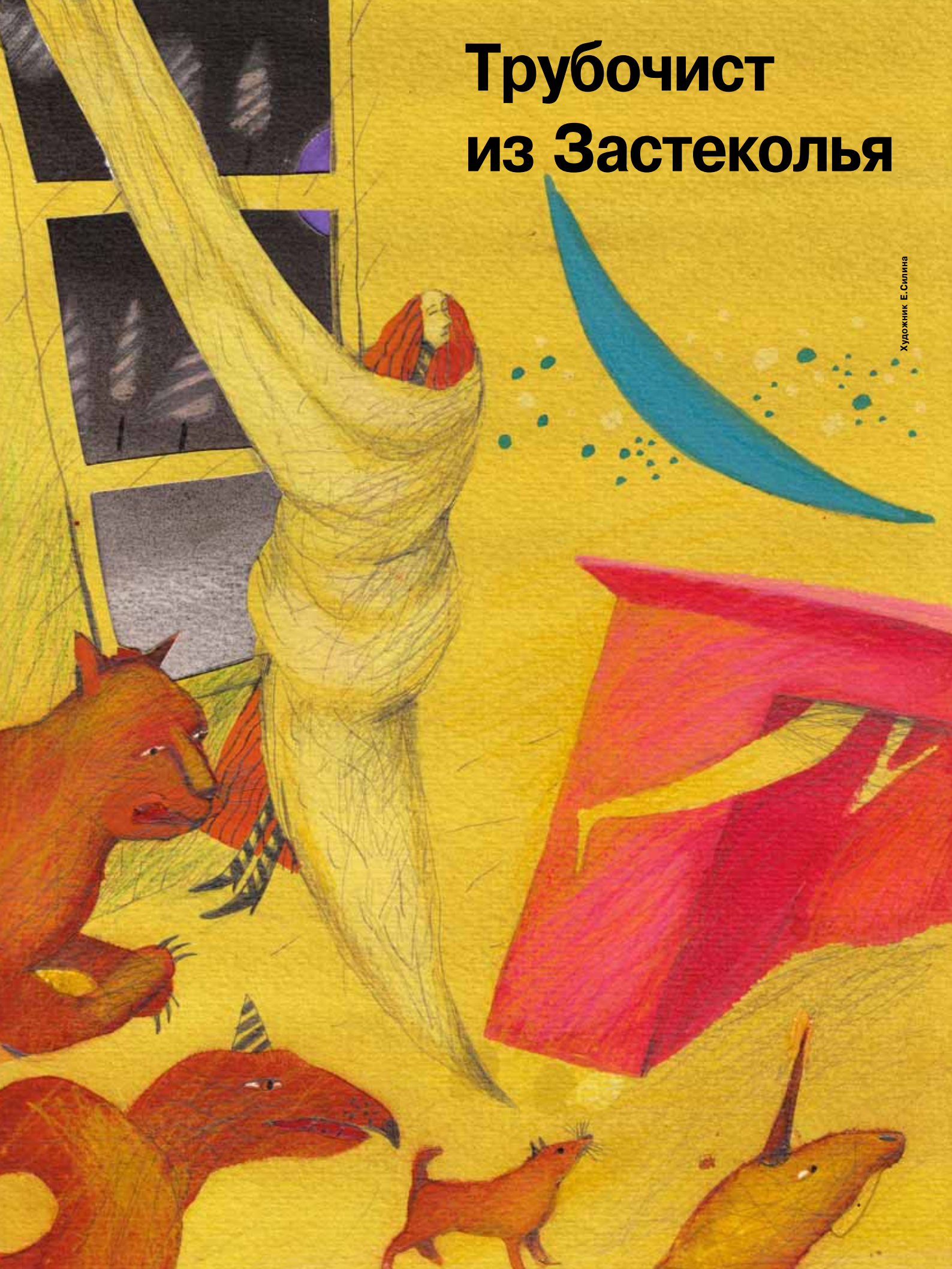
и терапевтами изучали состав слюны и камня, состояние зубов у пациентов, страдающих диабетом. Оказалось, недуг изменяет слюну, что, в свою очередь, ускоряет рост отложений гидроксилата на поверхности зубов, влияет на их состав, провоцирует кариес и пародонтоз. Следовательно, получив данные о слюне и зубном камне, можно попытаться диагностировать эти патологии.

Проведенные наблюдения подтвердили правильность предположения – диагноз «диабет», поставленный по результатам анализа слюны и зубного камня, совпал с мнением врачей в 94 случаях из 100. Склонность к кариесу и пародонтозу тоже диагностировали очень точно. Работа еще не завершена, но ясно, что у медиков появился весьма эффективный и совершенно безболезненный метод ранней диагностики диабета.



Трубочист из Застеколья

Художник Е. Сиглина





Стена стояла столько же, сколько стоял замок. А сколько стоял замок, точно никто не знал. Но наверняка очень долго: увешанные портретами прежних хозяев галереи были таким длинными и запутанными, что поговаривали, будто в них можно навсегда заблудиться.

Самым близким другом Кристины была сероглазая кукушка, что жила в резном домике над часами с блестящим маятником, висевшими на толстой каменной стене. Девочка с нетерпением ожидала каждого появления птицы. Кукушка не подводила — она выглядывала из-за крохотной дверцы каждый час и непременно куковала.

Кроме кукушки, у Кристины была собственная комната с высокими узкими окнами без портьер, круглый аквариум без рыбок, нарядный ошейник без щенка, крепкие сны без сновидений и большая семья без мамы. А еще — круглолицая нянюшка Луиза, служанка-ровесница Ханна и длинные бусы из переливчатого жемчуга.

Бусы ей подарили на восьмой день рождения.

— Это украшение я преподнес своей покойной супруге в день нашей свадьбы, — разглагольствовал отец Кристины за шестым кубком вина, и две сотни гостей почтительно внимали хозяину замка. — Жемчуг привезли из заморских стран, а нить, на которую он нанизан, такая крепкая, что ее просто невозможно порвать!

Гости бурно заплодировали, когда молодой, красивый хозяин замка, предмет воздыханий всех присутствующих дам, не глядя повесил дорогое украшение дочери на шею.

Вместе с бусами папа подарил ей жениха, тринадцатилетнего Рудольфа. Ни жених, ни бусы Кристине не нравились. Жених — потому что нескладный, и губы у него слюнявые и липкие: это девочка узнала, когда под грозным взглядом своего дядюшки Рудольф нехотя поцеловал руку новоиспеченной невесте. Бусы — потому что нить, на которую нанизаны жемчужины, и впрямь не рвется, даже под тяжестью висящего на ней взрослого человека. А вот если бы рвалась, тогда у Кристины по-прежнему была бы мама.

К сожалению, девочка не имела возможности избавиться ни от бус, ни от жениха, несмотря на все свое желание. И это казалось ей ужасно несправедливым. Не так уж и много у нее желаний на самом-то деле: чтобы были щенок, рыбки, цветные сны и мама. Еще она мечтала выпустить из резного домика сероглазую птичку — Кристина любила свою подружку, но ей отчего-то казалось, что кукушка несчастна в красивом жилище над часами.

Теперь вот ей еще хотелось, чтобы исчезли и бусы, и жених. Ну, бусы, положим, она может спрятать куда-нибудь. С Рудольфом сложнее — его в темном сундуке не запрешь. И папу не отговоришь; в свои взрослые восемь лет Кристина хорошо понимала, что дочь хозяина замка — это не просто слова, это почти что должность. К долж-

ности всегда прилагается масса обязанностей. А к дочери хозяина замка — муж.

Нянюшка Луиза как могла старалась утешить Кристину, когда та вернулась после праздничного пира в честь своего дня рождения и помолвки:

— Ничего, деточка, ничего. Твоей маме исполнилось всего четыре года, когда ее сговорили с твоим папой. И, видишь, все у них было хорошо.

Кристина ей не поверила:

— Если у мамы с папой было все хорошо, тогда почему же мама...

Нянюшка приложила к глазам платок.

— Ой, доченька, нелегко это — быть хозяйкой такого замка, понимаешь? — пробормотала она и, всхлипнув напоследок, вышла из комнаты.

Кристина понимала. Только нянюшка не совсем права. Тяжело быть не хозяйкой замка — тяжело быть женой хозяина замка. Девочка много раз видела, как отец после частых пиров и балов гулял с розовощекими красавицами по самым темным, самым запутанным и далеким коридорам замка, а мама в каскаде кружев и россыпи драгоценных камней оставалась во главе стола, по правую руку от пустующего кресла мужа, продолжая как ни в чем не бывало играть роль хозяйки... Должность жены хозяина замка тоже подразумевала массу обязанностей.

Вот интересно, каковы обязанности мужа дочери хозяина замка? Кристина представила себе, как отдает распоряжение Рудольфу:

— Принеси мне щенка! Покорми рыбок! Выкинь эти противные жемчужные бусы! А потом иди и спрячься где-нибудь, чтобы я тебя никогда больше не видела!

Девочка улыбнулась своим мыслям. В это время из резного домика показалась ее сероглазая подружка.

— Ку-ку,—грустно сообщила она и продолжила:

— Ку-ку, ку-ку, ку-ку.

— Ты так считаешь?—спросила Кристина у птички.

— Ку-ку, — серьезно кивнула кукушка и скрылась в своем домике.

Да, об этом девочка как-то не подумала. Значит, когда их с Рудольфом поженят, то именно он станет хозяином замка. А она — его женой. Как мама...

Кристина схватила толстоногую табуретку, подтащила к узкому окну и выглянула наружу. У ворот громко скрипели подъемные цепи — в замке наступил час разводных мостов. За аметистовыми горами неторопливо укладывалось спать спелое, как вишня, солнце. Одичавший парк, кольцом окружавший замок, уже погрузился в сиреневый кисель сумерек. Над прижавшейся к горизонту деревенской поднимались тонкие струйки дыма.

Кристина попыталась представить себе, как выглядит деревня. Это выходило у нее с трудом. Но все равно луч-

ше, чем попытки нарисовать в воображении, что может находиться за горизонтом. Девочка никогда не бывала за пределами парка — не могла побывать, даже если бы захотела. Потому что парк был огорожен невидимой стеклянной стеной, за которой во все стороны раскинулось манящее Застеколье.

С самого раннего детства Кристина полагала, что тот, кто построил замок со стеной, был волшебником. Иначе как объяснить необычные свойства стеклянной преграды? Стена не пропускала наружу никого, кто состоял в родстве с хозяевами замка. Тех, кто на них работал, — тоже. Все прочие могли пройти сквозь нее совершенно спокойно, правда, только в одном-единственном месте, которое окрестили «стеклянной дверью», хотя, конечно, никакой двери там не было. Да и никто не позволял им проходить сквозь нее беспрепятственно: у стеклянной двери день и ночь караулила стража, и в замковые владения и из них пропускали только по специальным разрешениям.

Девочка частенько убегала из замка и подолгу гуляла вдоль невидимой стеклянной стены, глядела на небольшой кусочек Застеколья, наблюдая за бродившими в окрестностях пастухами и охотниками. Она завидовала этим людям — мир Застеколья казался ей чудесным местом, где каждый может пойти куда угодно и когда угодно, где не нужны аквариумы, потому что есть озера, в которых плавают рыбки, а голосистые сероглазые кукушки живут в лесах.

— Когда подрастешь, тогда поймешь все выгоды нашего положения, — торопливо отмахнулся от нее отец, когда однажды она заговорила с ним на эту тему... Вот странно: чем старше становилась Кристина, тем меньше времени оставалось у отца для нее. В его окружении появились отчаянно молоденькие девицы, хотя в черной шевелюре—серебристые волосы.

Кристина росла и из года в год терпеливо ждала, что вот-вот разгадает тайну замка, увидит те самые выгоды, о которых дружно твердили ее родственники. Но время шло, а девочка по-прежнему не понимала, почему так спокойны обитатели замка и почему столько посторонних людей стремится попасть к ним, чтобы добровольно заключить себя в эту стеклянную тюрьму. Неужели их не угнетает однообразная жизнь в замкнутом пространстве? Неужели совсем не хочется побывать за пределами прозрачной стены? Неужели ни капельки не любопытно?

Самой Кристине, например, было очень любопытно. Особенно после того, как в тринадцать лет она впервые встретилась с самым настоящим человеком из Застеколья.

В тот день дочка хозяина замка сидела на широком подоконнике в бальной зале, кутаясь в плотные портьеры. На мраморном полу под роскошной хрустальной люстрой дремало черное фортепиано, в высоких потолках прятались случайно заглянувшие сюда лучи солнца. Кристина прижалась лбом к оконному стеклу и следила за кружившей над замком птицей.

И тут в дальнем углу залы послышался шум. Девочка раздвинула портьеры и увидела, как из жерла просторного камина вылез невысокий мужчина неопределенного возраста с перепачканным лицом, в грязно-черном котелке, потертом черном сюртуке, с длинной щеткой под мышкой.

— Вы кто? — с любопытством уставилась на незнакомца Кристина.

— Трубочист, — ответил он, вытащил из каминной трубы лесенку, повесил ее через плечо и вежливо приподнял котелок. — А вас как зовут?

— Ой! — От удивления девочка раскрыла рот. В замке ее знали абсолютно все — на то она и дочка хозяина.

— Вы не знаете, кто я? — уточнила Кристина на всякий случай.

— Уважаемая барышня, — улыбнулся в ответ трубочист, — прошу прощения, я пришел в замок сегодня утром и еще ни с кем не успел познакомиться. Но буду счастлив исправить эту оплошность. Так как вас величать?

— Кристина, — машинально ответила девочка, думая о своем. — Вы что — из Застеколья?

— Простите, откуда?

— Из Застеколья.

— Никогда не слышал, — признался трубочист. — А что это?

— Садитесь. — Кристина подвинулась, освобождая место новому знакомому. — Я расскажу вам. Но, чур, потом — вы мне. О Застеколье.

...Трубочист сделал то, с чем не справлялось воображение Кристины. Он отодвинул горизонт, который до этого заканчивался для нее едва видимой деревенькой. Перед глазами девочки появлялись старинные города, горные реки, шумные порты и парусные корабли, смело пересекающие бескрайние моря. Она увидела людей, которые жили в сказочном и прекрасном огромном мире и даже не подозревали, каким богатством владеют.

Развернувшаяся перед ней картина поселила в Кристине отчаянное желание стать трубочистом. Она будет путешествовать из дома в дом, из города в город. Она будет чистить камин и каждый день встречаться с новыми людьми. Вот это была бы жизнь!.. Кристина старалась не отравлять себе удовольствие, не думать о том, что ее мечта несбыточна.

А через два часа она проводила трубочиста к стеклянной двери и, прижавшись носом к прозрачной стене, с грустью наблюдала, как за поворотом дороги исчезает невысокая фигура в черном котелке.

— Фи! — скривила носик ее двоюродная тетя, когда пару лет спустя на каком-то пиру Кристина случайно обмолвилась, что хотела бы хоть разок побывать в Застеколье. — У нас здесь замечательный мир. Особенный. Богатый. Роскошный. Для избранных. Зачем тебе Застеколье? С меня вот довольно и того, что я знаю о серости и убогости. Смотреть на это у меня нет никакого желания.

— Но почему же ты так уверена, что там только серость и убогость? — удивилась Кристина. — Наверняка там есть красивые места и очень интересные люди.

— Кто тебе это сказал? Все люди, которые хоть что-то собой представляют, находятся здесь, — безапелляционно отрезала нарядная, надушенная тетя. — Остальные меня не интересуют. И вообще — ты же прекрасно знаешь, что еще ни одному обитателю замка не удавалось выбраться за стену. Да и зачем? Здесь лучше всего!

— Ну откуда ты знаешь, что здесь лучше всего, если ты больше ничего на свете не видела?

Тетя смерила Кристину строгим взглядом, с треском сложила узорный веер и решительно сообщила:

— Советую выбросить эту чепуху из своей хорошенькой головки. Посмотреть на Застеколье — ну это надо же та-

кое выдумать? Тебе скоро шестнадцать лет, свадьба на носу, а ты размышляешь о какой-то ерунде.

Кристина нахмурилась — о свадьбе она предпочитала не думать. Двадцатилетний Рудольф за прошедшие годы в лучшую сторону не изменился. Все такой же нескладный, все такие же слюнявые губы, которыми он вяло прикладывался к ее руке под грозным взглядом дядюшки. Он даже стал хуже: зачем-то обзавелся коротким хлыстиком, начинал глупо хихикать и заикаться после второго кубка вина, а еще нередко тащил приглянувшихся ему служаночек под ближайшую лестницу.

— Ханна, как ты думаешь, я могу не выходить за него замуж? — не раз спрашивала Кристина.

Служанка тихонько вздыхала и прятала глаза, делая низкий реверанс. Ее красноречивому молчанию печально вторила сероглазая кукушка.

Вот если бы убежать из замка! Будь у нее хоть малейшая возможность, Кристина бы тотчас ушла — не раздумывая и не оглядываясь. Но стеклянная стена была надежна, девушка не раз испытывала на ней силу своих кулачков и крепость валявшихся на земле камней. В конце концов она вынуждена была признаться себе, что, видимо, уйти из замка можно только одним способом. Тем, которым когда-то ушла ее мама.

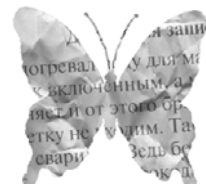
На деревьях распускались нежные бледные листья, сероглазая подружка хандрила и все чаще не куковала, а кашляла. Кристина с тревогой прислушивалась к хриплому голосу птички и, глядя на крохотные листики, с тоской думала о том, что, когда они пожелтеют, к должности «дочь хозяина замка» у нее добавится «жена будущего хозяина замка».

Вообще-то, пока жив ее отец, Рудольф не станет хозяином. Но если пару лет назад Кристина не сомневалась, что отец будет управлять замком еще очень долго, то теперь уже не была так уверена. Отец не расставался с кубком, и вместо стайки жеманных дам за ним ходил виномачерпий. Некогда веселый и красивый мужчина обрюзг и потемнел, а глаза, в которых прежде горел огонь, стали безразлично-зеркальными.

Чем ближе к свадьбе, тем тревожнее становилось у девушки на душе. В кронах деревьев появились редкие желтые листья, нянюшка Луиза слегла в горячке, а Ханна и вовсе куда-то исчезла. Рудольф, раньше едва замечавший Кристину, теперь провожал ее липким, как и его губы, взглядом. Нескладный жених поигрывал своим коротким хлыстиком, довольно ухмылялся и смотрел на Кристину как-то по-хозяйски. В такие моменты девушка непроизвольно проводила рукой по горлу: ей казалось, будто в шею впиваются перламутровые жемчужины бус на нити, которую невозможно порвать...

Когда до свадьбы осталось всего две недели, сероглазая кукушка тихо сгорела от мучившей ее последние месяцы чахотки. Девушка подтащила толстоногую табуретку к домику своей подружки и, осторожно приоткрыв дверцу, заглянула внутрь. Маленькая птичка печально смотрела на нее застывшими серыми бусинками. Кристина осторожно накрыла ее мягким платком, а потом долго плакала под часами с остановавшимся маятником и жалела, что так и не смогла подарить своей подружке свободу.

Зато на следующий день из окна бальной залы Кристина увидела невысокую фигуру в черном котелке со склад-



ФАНТАСТИКА

ной лестницей через плечо, и у нее в душе отчего-то вспыхнула надежда. Чумазный трубочист стоял во дворе замка, задрал голову, и разглядывал верхние этажи. Увидев девушку, он просиял и отсалютовал ей длинной щеткой в густой черной саже.

С трубой большого камина он справился за каких-то тридцать минут, а потом до самого часа разводных мостов сидел рядом с Кристиной на подоконнике.

Быть может, в прошлый раз Кристина слышала и видела только то, что хотела слышать и видеть. А быть может, она просто повзрослела. Но в этот раз девушка заметила, что трубочист гораздо старше ее отца: под потертым котелком скрываются пепельные волосы, а руки, сжимающие длинную щетку, узловатые, сухие и в темных пятнышках.

Да и истории трубочиста теперь не походило на сказку. Бесцветным глуховатым голосом он неторопливо рассказывал о портовых побирuşках и странствующих лицедеях, о кровопролитных войнах и жестоких восстаниях, о мудрых правителях и бесстрашных моряках-первопроходцах, о лицемерных священниках и хитрых коммивояжерах, о голоде и лишениях, о засухах и наводнениях, о поддержке и благородстве, о жадности и подлости, о фейерверках и базарах, храмах и трущобах. В общем, о жизни Застеколья. Далеко не всегда красивой и беспечной, часто суровой и несправедливой. Но зато — настоящей.

Как не хотела Кристина в этот раз отпускать трубочиста!

— Останься в замке, пожалуйста! — попросила она.

— Нет, — покачал головой трубочист. — Я пока еще не так стар, чтобы осесть на одном месте. Да и честно тебе сказать, если б я и решил бросить свое дело, то выбрал бы угол получше, чем этот замок. Слишком уж он... — Тут трубочист замялся, безуспешно пытаясь подобрать подходящее слово.

— А ты представь себе, каково мне здесь, — внезапно всхлипнула Кристина. — Я ничего не могу, и все так плохо! Нянюшка болеет, Ханна куда-то пропала, отец пьет, мамы нету. И даже кукушка умерла.

Седой трубочист осторожно погладил расстроенную девушку по голове.

— Я буду тебя навещать, — пообещал он. — Пойдем, проводи меня.

Через четверть часа Кристина грустно смотрела, как стражник пристально изучал документы трубочиста, и в душе у нее становилось пусто.

Голос трубочиста вывел ее из печальной задумчивости:

— Кристина, скажи мне, почему ты хочешь уйти?

Девушка собралась было снова повторить про больную нянюшку, пьяного отца, пропавшую служанку, ненавистную свадьбу и мертвую кукушку. Но вместо этого просто сказала:

— Мне здесь очень плохо. А изменить что-либо не в моих силах. Потому я и хочу от всего этого убежать.

Трубочист взял бумагу, которую вернул ему стражник, за- сунул в карман грязно-черного сюртука и таинственным ше- потом, будто поверяя Кристине страшный секрет, сообщил:

— Если сквозь стену не пройти, то надо или разрушить ее, или прорубить в ней дверь. Только для этого требуется много сил.

— Я не могу пройти сквозь эту стену, потому что я в родстве с хозяином замка, — жалобно протянула Кристи- на и со злостью стукнула кулачком по стеклу.

Трубочист посмотрел на девушку, поправил на плече лесенку, потом кивнул на прощанье и шагнул через стек- лянную дверь, едва слышно пробурчав:

— Разрушать стены, которые мы строим себе сами, сложнее всего.

До свадьбы оставалась всего неделя, когда неожиданно на- шлась пропавшая больше месяца назад Ханна. Рано поутру Кристина бродила вдоль стены, разглядывая просыпающее- ся поле, и размышляла над прощальными словами трубочи- ста, как вдруг услышала плач, такой горький, что все соб- ственные беды вмиг показали ей мелочью.

Раздвинув тяжелые ветви деревьев, Кристина увидела Ханну. Служанка изо всех сил колотила кулаками по рав- нодушной прозрачной стене и выкрикивала сквозь истош- ный плач отчаянные проклятья.

— Ханна, Ханночка, что такое? Что случилось? — кину- лась к ней Кристина.

Служанка затравленно обернулась.

— Отпустите меня! Ну, пожалуйста, отпустите!

«Да если бы я могла», — грустно подумала Кристина. Она обняла служанку и повела ее к замку. Там отыскала темный закуток недалеко от кухни, напоила Ханну водой, дождалась, пока она немного успокоится, и стала остро- рожно выпрашивать, что же произошло.

Глаза служанки немедленно наполнились злыми слезами.

— У меня будет ребенок.

— Так это же... э-э... здорово? — неуверенно произнес- ла Кристина. — А кто отец?

— Рудольф, — с ненавистью выплюнула Ханна.

Из темноты показался рыжий парнишка с угрюмым вы- ражением лица и встал рядом со служанкой.

— Ты кто? — обратилась к нему Кристина. Парнишка ей был смутно знаком. Кажется, один из конюхов.

Тот поднял на девушку хмурый взгляд.

— Ян, — ответил он. — Я ее брат.

— А где же ты пропала последний месяц? — вспоми- нала Кристина.

Служанка всхлипнула.

— В свинарнике. Рудольф меня туда отправил, когда узнал о том, что я... И еще сказал, что если хоть раз меня увидит, то прикажет высечь.

Кристина схватилась за голову. Брови Яна хищно со- шлись на переносице, рот сжался в жесткую линию, рез- ко обозначились скулы.

— Я убью Рудольфа, — едва слышно, почти про себя сказал он и добавил: — А потом уйду.

— Ну вот что, Ханна, — распорядилась Кристина. — Немед- ленно перебирайся ко мне, а с Рудольфом я разберусь сама.

Служанка тихо заплакала.

— Что он себе позволяет! — возмущалась Кристина. — Я решаю, где быть моим слугам. Да кто он такой? В кон- це концов, я дочь хозяина замка!

— А он скоро будет вашим мужем, — горько вздохнула Ханна.

Кристина поникла. Да, скоро он станет ее мужем. И хозяином замка.

Тело Рудольфа нашли под крепостной стеной у самого рва. Это было за два дня до свадьбы. На лице жениха застыло выражение детского недоумения и обиды, а в руке был зажат хлыстик.

Кристина наотрез отказалась облачаться в траур.

— Я не собираюсь демонстрировать фальшивую скорбь, — набравшись храбрости, заявила она отцу. Отекший хозяин замка протрезвел от неожиданности, и в его равнодушно- зеркальных глазах промелькнуло удивление. Кажется, он впервые заметил, что его дочь выросла.

Вскоре отыскались свидетели, которые видели, как какой- то рыжий мальчишка-конюх столкнул жениха Кристины с кре- постной стены. Отряды стражи дважды прочесали весь за- мок, от подвалов до чердаков, и трижды — одичалый парк вокруг крепостной стены. Убийцу Рудольфа не нашли. Вме- сте с конюхом пропала и Ханна.

Когда стало ясно, что этих двоих нет, замок и все его обитатели будто вымарали Яна с Ханной из своей памя- ти. Слово и не было никогда конюха и его сестры.

Кристина вспоминала сурово сдвинутые брови на уг- рюмом лице молоденького парнишки и едва слышные слова: «Я убью Рудольфа, а потом уйду». Неужели и впрямь ушел? И забрал с собой Ханну? Как он это сделал?

Прошло чуть больше года. Хозяин замка окончательно забросил гостей, пиры, турниры, дам и не расставался с кубком. Со временем и челядь, и многочисленные обита- тели стали все чаще обращаться по поводу текущих дел к его восемнадцатилетней дочери. Кристина поначалу не хотела иметь никакого отношения к управлению ненави- стным замком. Потом ужасно боялась, что принимает неправильные решения. Но в конце концов втянулась. И в один прекрасный день поняла, что, формально не полу- чив должности хозяйки замка, на деле ею уже стала.

Отец едва ли замечал происходившие перемены — он будто с головой погрузился в неиссякаемый винный ку- бок. Однако это не помешало ему отыскать своей дочери еще одного жениха. Да такого, что Рудольф рядом с ним казался самым настоящим волшебным принцем.

Густав был старше отца Кристины на целых десять лет. Лысый мужчина часто облизывал тонкие губы, его глаза маслянисто поблескивали над толстыми щеками, и на левой руке у него было шесть пальцев.

— Неужели ты не мог найти никого получше? — в ужасе обратилась Кристина к отцу.

— У него очень высокое положение, — только и пробормо- тал он в ответ и поманил к себе виночерпия.

Привычка беспрекословно подчиняться решениям хо- зяина замка боролась в девушке с возмущением.

— Ну, что тебе еще? — осведомился отец, оторвавшись от кубка. — Иди, готовься к свадьбе.

Кристина бросилась к себе в комнату, взобралась на табу- ретку и долго плакала, прижавшись щекой к домику, из кото- рого уже давно не раздавалось знакомое «ку-ку». После по- бежала к стеклянной стене и замолотила по ней кулаками:

— Выпусти меня! Ну пожалуйста, выпусти!

Потом она обессиленно опустила на землю и долго

сидела, прижавшись лбом к холодному стеклу. Горькие мысли окружили ее стайей голодных волков. Давно уже пора смириться с тем, что она никогда не выйдет за прозрачную стену. Смириться — и научиться жить здесь.

Казалось, прошла вечность, пока Кристина неподвижно сидела у стеклянной стены, прощаясь с Застеколем, в котором ей так и не довелось побывать. Когда девушка наконец встала и еще раз обвела взглядом аметистовые горы, поле и жмущуюся к горизонту деревушку, плечи ее были расправлены, а голова высоко поднята. Что-то изменилось в ее лице — словно вместе с мечтами о Застеколье она распрощалась с какой-то частицей мягкости, красоты и наивности.

Уже темнело, когда Кристина, плотно сжав губы и стиснув кулачки так сильно, что побелели костяшки пальцев, направилась на поиски отца. Она нашла его в спальных покоях — тот небрежно развалился на мягком диване и прикладывался к любимому кубку. Когда-то красивое лицо отца расплылось, щеки нездорово опухли, под налитыми кровью глазами появились мешки.

— Что? — буркнул он, подняв на дочь равнодушно-зеркальный взгляд.

Под ложечкой вдруг отчаянно засосало, пальцы рук заледенели и онемели, а сердце забилось с той же силой, с какой девушка колотила по стеклянной стене. Кристина на секунду крепко стиснула зубы, чтобы хоть как-то унять дрожь, а потом заявила:

— Я не выйду за Густава.

— Да кто тебя спрашивает? — хрюкнул в ответ отец. — Я хозяин замка. Как я сказал, так и будет.

— Ты хозяин только над своими кубками и бутылками. А в замке хозяйка уже давно я. И ты не заставишь меня выходить замуж, — ответила Кристина и, поймав тяжелый взгляд отца, прищурилась и решительно вздернула подбородок. А когда тот опустил глаза, резко повернулась и вышла.

Хозяин замка смотрел дочери вслед и уж было собрался подняться, чтобы догнать ее и поставить на место, но вместо этого потерянно махнул рукой и приложился к кубку.

Когда к замку подъехал кортеж Густава, Кристина распорядилась объявить час разводных мостов.

— Но ведь сейчас полдень, — удивился начальник караула. Встретился взглядом с Кристиной, а потом, словно разглядев что-то, опустил глаза и отрапортовал: — Будет исполнено!

И тяжелые цепи громко заскрипели, поднимая навесной мост надо рвом.

Густав остался на противоположной стороне. Он потрясал пухлыми кулаками и кричал, что так этого не оставит. Тогда Кристина вышла на крепостную стену и крикнула своему несостоявшемуся жениху:

— Убирайся восвояси, пока я не скомандовала страже проводить тебя.

Больше Густав не появлялся...

Кристина разогнала толпу гостей, перестала давать ежедневные балы и наняла хорошего доктора — следить за здоровьем отца. В бальной зале на верхнем этаже, где под хрустальной люстрой одиноко грустило фортепиано, а камин в углу ждал трубочиста, она распорядилась соорудить библиотеку и выписала множество книг. Еще новая хозяйка разослала гонцов в разные города, приглашая в замок лицедеев, путешественников и звезд



ФАНТАСТИКА

дочетов. Она достала со дна пыльного сундука жемчужные бусы и выбросила их в глубокий ров, завела себе щенка и рыбок в аквариуме и стала видеть цветные сны.

А вот новую кукушку она заводить не стала.

Теперь к стеклянной стене девушка ходила редко. Прозрачная преграда по-прежнему была на месте, отделяя замок от манящего Застеколья, но Кристина больше не грустила — ведь все Застеколье было уже у нее в замке.

Кристина была так занята хлопотами, что едва не пропустила появление в замке трубочиста. За прошедшее с последнего визита время его волосы совсем побелели и явно поубавилось сил: с трубой камина, которую в прошлый раз он вычистил за полчаса, в этот раз понадобился почти весь день.

— Оставайся у нас, — предложила ему Кристина.

Трубочист молча смотрел на нее, где-то в самой глубине его бесцветных глаз пряталась улыбка.

— Я помню, ты говорил, что лучше бы осел в другом месте. Но здесь очень многое изменилось, тебе понравится.

— Вижу, ты все-таки прорубила в стене свою дверь в Застеколье, — наконец кивнул старенький трубочист. — Я останусь.

...Через две недели Кристина собрала всех обитателей замка в огромной бальной зале, вывела за руку трубочиста и к огромному удивлению присутствующих и самого трубочиста объявила:

— Он будет управлять нашим замком. — Она услышала недоуменный ропот, обвела взглядом высокие стены залы, посмотрела в окно на аметистовые горы, поле и деревушку на горизонте, потом улыбнулась и закончила: — На время моего отсутствия.

Кристина вернулась в свою комнату, подтащила к часам с блестящим маятником табуретку, открыла дверцу резного домика и достала оттуда неподвижную кукушку. Затем облачилась в черный сюртук и потертый котелок, перекинула через плечо складную лесенку, зажала под мышкой длинную щетку, осторожно взяла в руку сероглазую подружку и решительным шагом направилась к стеклянной стене.

Дойдя до нее, Кристина остановилась. Обернувшись, бросила взгляд на высокий каменный замок. Затем осторожно раскрыла ладонь, что-то ласково шепнула крохотной птичке и высоко подбросила ее.

Кукушка расправила крылья и полетела над широким полем, оставляя позади каменный замок в кольце одичавшего парка. Сверху ей было хорошо видна маленькая фигурка в черном котелке, с лесенкой на плече и длинной щеткой под мышкой. Фигурка шагала по извилистой тропе в сторону прижавшейся к горизонту деревеньки.



Грецкий орех

Почему грецкий орех так называется? Люди распробовали грецкий орех не менее 8 тысяч лет назад. Родина его не Греция, а Средняя Азия, откуда он и распространился по другим южным краям. В Месопотамии найдены таблички с текстами, где сказано, что грецкие орехи росли в садах Вавилона. Было это растение известно и древним грекам, которые называли его желудем богов, и римлянам. Рос он и в римской провинции Валахии, нынешней Румынии. Греческие и валахские торговцы привозили орех на Русь, откуда и произошли его русские названия — волошский орех и грецкий орех. Последнее название существует по сей день.

Как и когда чистить орехи? Чтобы съесть орех, его сначала нужно очистить. Грецкий орех упакован более чем надежно. Снаружи плотная зеленая оболочка, под ней твердая и толстая скорлупа, а ядро внутри разделено тонкими перегородками. Орехи продают без наружной оболочки, но многие предпочитают со скорлупой не связываться, покупая очищенные орехи. Так можно быть уверенным, что не платишь за пустые либо гнилые орехи. Однако на этом все преимущества очищенных орехов заканчиваются.

Ядро грецкого ореха содержит огромное количество полезных веществ, которые разрушаются под действием света и кислорода. Поэтому как только орехи остаются без скорлупы, начинается процесс их пищевого обесценивания. Кроме того, неизвестно, через какие руки прошли очищенные орехи, где и сколько они лежали, прежде чем попали на прилавок. Поэтому покупать орехи надо в скорлупе и так же их хранить. Если грецкие орехи лежали слишком долго, высохли и стали горькими, им можно вернуть первоначальный вкус, положив на 5—6 дней в слегка соленую воду. Вода через скорлупу проникнет в ядро ореха и восстановит его консистенцию и вкус.

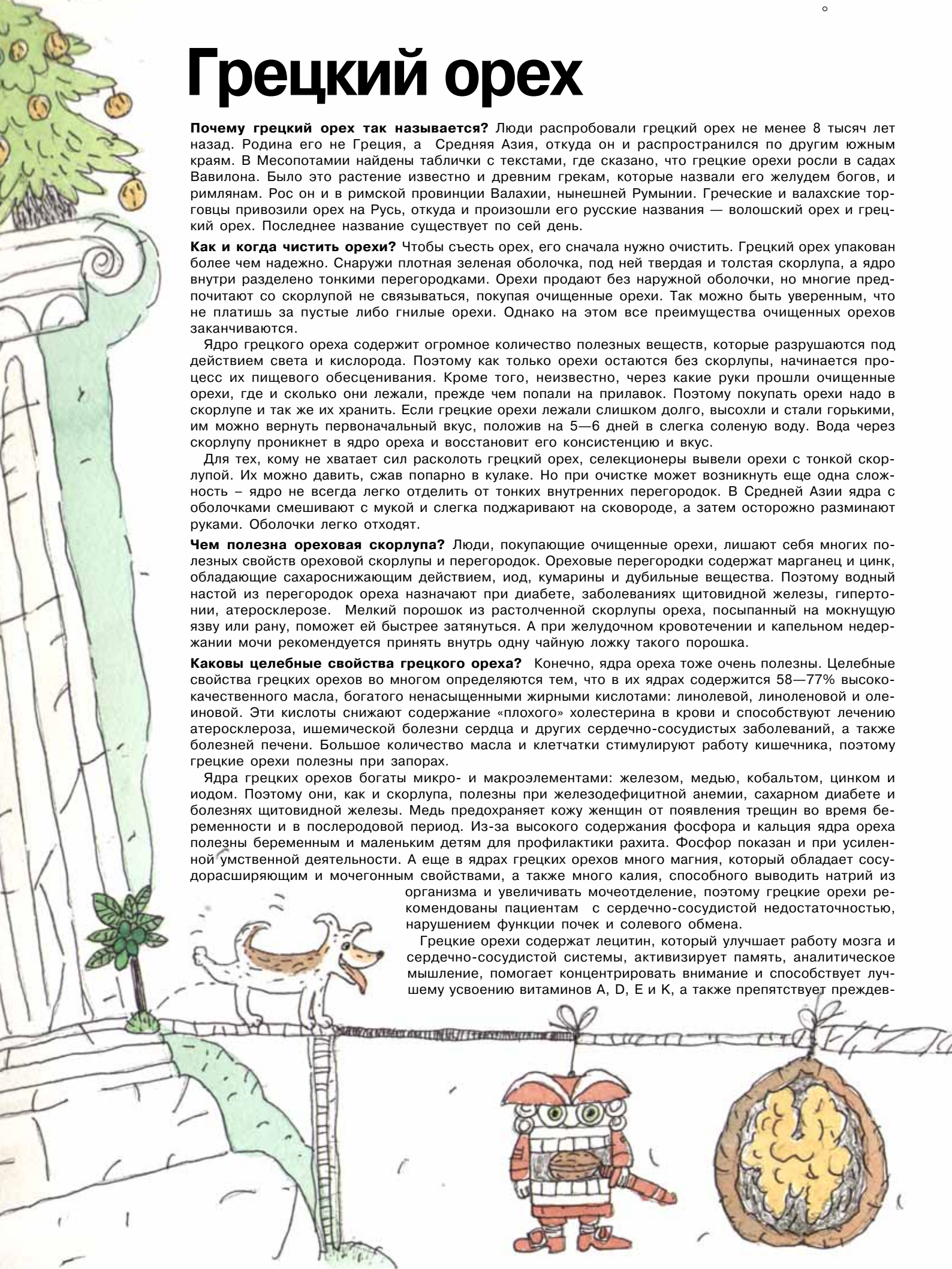
Для тех, кому не хватает сил расколоть грецкий орех, селекционеры вывели орехи с тонкой скорлупой. Их можно давить, сжав попарно в кулаке. Но при очистке может возникнуть еще одна сложность — ядро не всегда легко отделить от тонких внутренних перегородок. В Средней Азии ядра с оболочками смешивают с мукой и слегка поджаривают на сковороде, а затем осторожно разминают руками. Оболочки легко отходят.

Чем полезна ореховая скорлупа? Люди, покупающие очищенные орехи, лишают себя многих полезных свойств ореховой скорлупы и перегородок. Ореховые перегородки содержат марганец и цинк, обладающие сахароснижающим действием, иод, кумарины и дубильные вещества. Поэтому водный настой из перегородок ореха назначают при диабете, заболеваниях щитовидной железы, гипертонии, атеросклерозе. Мелкий порошок из растолченной скорлупы ореха, посыпанный на мокнущую язву или рану, поможет ей быстрее затянуться. А при желудочном кровотечении и капельном недержании мочи рекомендуется принять внутрь одну чайную ложку такого порошка.

Каковы целебные свойства грецкого ореха? Конечно, ядра ореха тоже очень полезны. Целебные свойства грецких орехов во многом определяются тем, что в их ядрах содержится 58—77% высококачественного масла, богатого ненасыщенными жирными кислотами: линолевой, линоленовой и олеиновой. Эти кислоты снижают содержание «плохого» холестерина в крови и способствуют лечению атеросклероза, ишемической болезни сердца и других сердечно-сосудистых заболеваний, а также болезней печени. Большое количество масла и клетчатки стимулируют работу кишечника, поэтому грецкие орехи полезны при запорах.

Ядра грецких орехов богаты микро- и макроэлементами: железом, медью, кобальтом, цинком и иодом. Поэтому они, как и скорлупа, полезны при железодефицитной анемии, сахарном диабете и болезнях щитовидной железы. Медь предохраняет кожу женщин от появления трещин во время беременности и в послеродовой период. Из-за высокого содержания фосфора и кальция ядра ореха полезны беременным и маленьким детям для профилактики рахита. Фосфор показан и при усиленной умственной деятельности. А еще в ядрах грецких орехов много магния, который обладает сосудорасширяющим и мочегонным свойствами, а также много калия, способного выводить натрий из организма и увеличивать мочеотделение, поэтому грецкие орехи рекомендованы пациентам с сердечно-сосудистой недостаточностью, нарушением функции почек и солевого обмена.

Грецкие орехи содержат лецитин, который улучшает работу мозга и сердечно-сосудистой системы, активизирует память, аналитическое мышление, помогает концентрировать внимание и способствует лучшему усвоению витаминов А, D, Е и К, а также препятствует прежде-



ременному старению мозга. Кроме того, в зрелых ядрах более 20 свободных незаменимых аминокислот, есть там каротин и витамины В₁, В₂, С, РР. Витамины группы В способствуют разложению пировиноградной кислоты, которая накапливается в мышцах и вызывает усталость. А еще орехи содержат эфирное масло, дубильные вещества и очень ценное вещество — юглон, убивающие многих бактерий и патогенные грибки. Грецкие орехи полезно жевать для профилактики простуды.

Вообще-то целебным действием обладают все части орехового дерева: листья, кора и древесина, а также незрелые орехи и их оболочки. Но если приводить все рецепты и перечислять все недуги, при которых показан грецкий орех, статья превратится в конспект медицинского справочника.

Много ли в грецких орехах калорий? Рассказывая о питательности грецких орехов, их часто сравнивают с разными продуктами. Например, ядро грецкого ореха превосходит по калорийности хлеб в три, картофель — в семь, а молоко — в одиннадцать раз. Энергетическая ценность у него почти на четверть выше, чем у шоколада. Сто граммов грецких орехов содержат около 700 калорий, а поскольку его плоды идеально сочетают вещества, необходимые человеческому организму, то 400 г орехов удовлетворяют суточную потребность человека в еде. В Крыму орехи, растертые с водой, употребляли для выкармливания младенцев, потерявших мать или отнятых от груди. А И.В.Мичурин называл грецкие орехи хлебом будущего.

Всегда ли полезны грецкие орехи? Хотя грецкие орехи чрезвычайно полезны и питательны, их чрезмерное употребление может принести вред. «Грецкое масло» быстро окисляется и приобретает острый вяжущий вкус. При неумеренном поедании орехов во рту и на миндалинах может возникнуть воспаление. Чтобы этого не случилось, после ореховой трапезы полезно прополоскать рот водой или съесть какой-нибудь кислый фрукт. А еще следует помнить, что ядра грецкого ореха богаты белком и поэтому могут вызвать у людей с повышенной чувствительностью аллергические реакции. Не следует забывать и о маслянистости грецких орехов — чтобы удовлетворить суточную потребность человека в жирах, достаточно съесть двадцать штук, а переборщивший наест себе изрядную талию.

Годится ли в пищу ореховое масло? Масло грецкого ореха по содержанию ненасыщенных жирных кислот стоит выше многих растительных масел. После его четырехнедельного употребления уровень холестерина в крови нормализуется и не повышается в течение нескольких последующих месяцев. Пять взрослых ореховых деревьев могут дать столько масла, сколько целый гектар подсолнечника, но, увы, оно легко портится, поэтому продается в маленьких бутылочках.

На ореховом масле готовят салаты, а в лечебных целях его просто глотают ложками. Масло грецкого ореха улучшает обмен веществ, помогает при заболеваниях печени и почек и снижает нервозность. Кроме того, ореховое масло — хорошее слабительное. Употребляют масло и наружно — для смазывания ожогов и незаживающих ран, а также в косметических целях.

Сейчас масло грецкого ореха используют для производства косметических препаратов и мыла, в эпоху же Возрождения многие художники готовили на нем краски. **С чем сочетаются грецкие орехи?** Кажется, нет такого продукта, с которым не сочетался бы грецкий орех. Его маринуют, варят из него варенье, добавляют в салаты, им приправляют овощные и мясные блюда, смешивают с сухофруктами, сыром и брынзой. Издавна ценятся на Кавказе грузинские чурчхелы — колбаски, представляющие собой уваренные в виноградном соке ореховые ядра. Этот продукт хорошо сохраняется и отлично восстанавливает бодрость, недаром им издавна снабжали кавказских воинов, а теперь он входит в рацион космонавтов и спортсменов. Многие рецепты рекомендуют сочетать грецкие орехи с медом (три ореха на одну столовую ложку).

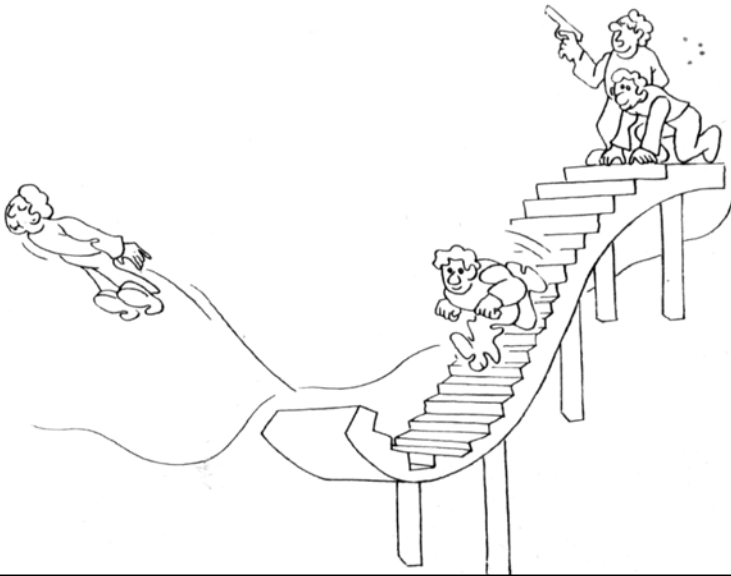
Почему грецкие орехи горчат? Грецкие орехи становятся горькими при неправильном хранении. Если орехи влажные, в ядра переходят дубильные вещества из внутренних перегородок. А жиры, которыми так богаты орехи, легко окисляются под действием воздуха (прогоркают), поэтому возникает горечь. Свежий орех, выросший на солнышке и в сухости, всегда сладок.

Л.Викторова

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ
НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ



B₁ B₂ C
PP Fe Cu
Co Zn I



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Идти вторым — труднее

Почему гуси летят клином? Да потому, что вожак стаи, как самый сильный и ответственный, в общем, лидер, рассекает воздушную твердь и таким образом помогает другим тратить меньше сил на полет. Тем же эффектом пользуются бегуны или велосипедисты, которые норовят сэкономить силы на преодолении сопротивления воздуха для последнего рывка. Казалось бы, это незыблемая истина, подтвержденная многочисленными расчетами аэро- и гидродинамиков. Однако, как говаривал еще Мефистофель доктору Фаусту: «Теория, мой друг, суха, но зеленеет жизни древо». Во всяком случае, студенту-четверокурснику из Корнеллского университета (США) Лейфу Ристрофу удалось поставить такой эксперимент, который прямо противоречит и очевидному, и теоретическому знанию, о чем он и рассказал в своей статье («Physical Review Letters», 2008, т. 101, □ 194502).

Для проведения эксперимента он собрал хитрую установку, главная часть которой — пленка из мыльной воды, нечто вроде стенки гигантского мыльного пузыря. Пленку натянули на две параллельные лески и постоянно обновляли за счет стекающей сверху воды. Другой важной деталью были тоненькие длинные резиночки-флаги. Их прикрепили к проволочкам и поместили в мыльную пленку так, что проволочки торчали перпендикулярно ее поверхности. На других концах проволочек прикрепили маленькие зеркальца. Когда флаги трепыхались из-за движения воды, зеркальца раскачивались и амплитуда их движения свидетельствовала о силе, с которой вода действовала на флаг. Кроме того, с помощью оптической интерферометрии фиксировали движение жидкости вокруг трепещущих флагов.

Анализ всех этих данных показал, что если флаги расположены сразу друг за другом, то нагрузка на первый оказывается значительно меньше, чем на второй, у которого амплитуда биений и соответственно сила давления воды были больше. Если же флаги разносили на большее расстояние, эффект пропадал. «Ни теория, ни компьютерное моделирование не позволяли заподозрить существование такого явления, — утверждает студент. — На этом примере я убедился, сколь важен прямой эксперимент и к каким удивительным, противоречащим всякой интуиции результатам он способен привести».

А. Мотыляев

...научная общественность удивлена тем, что Нобелевская премия за исследования ВИЧ не была присуждена Роберту Галло, удивление выразил в том числе и Люк Монтанье, получивший эту премию («Science», 2008, т.322, □ 5899, с.174—175)...

...очередная европейская экспедиция на Марс, возможно, будет перенесена с 2013 на 2016 год, а перерасход в бюджете NASA при создании очередного аппарата для исследования Марса ставит под сомнение все будущие миссии («Nature», 2008, т.455, □ 7215, с.840—841)...

...по оценкам ученых, в ближайшие 50 лет ни один космический объект не представляет опасности для Земли, однако есть небольшая вероятность столкновения с двумя объектами, 200-метровым и 40-метровым («Исследование Земли из космоса», 2008, □ 5, с.83—94)...

...описаны условия возникновения ураганов и тайфунов, объяснено, почему тропические циклоны возникают лишь в том случае, если температура поверхностных вод превышает 26°C («Известия РАН. Физика атмосферы и океана», 2008, т.44, □ 5, с.579—590)...

...урановое месторождение Антей в Юго-Восточном Забайкалье можно рассматривать как природный аналог хранилища отработавшего ядерного топлива («Геология рудных месторождений», 2008, т.50, □ 5, с.387—413)...

...в университете Иллинойса научились делать проводящие схемы на эластичной основе, которые, возможно, найдут применение в нейрохирургии («Physics today», 2008, т.61, □ 10, с.18—19)...

...у человека существует третий тип близнецовости, помимо моно- и дизиготной, — полуторазиготная, которая получается, в частности, при оплодотворении яйцеклетки двумя сперматозоидами («Природа», 2008, □ 10, с.3—15)...

...мутации в гене рецептора липопротеинов низкой плотности могут быть маркерами предрасположенности к повышенному содержанию холестерина в крови («Генетика», 2008, т.44, □ 10, с.1374—1378)...

...бета-амилоидные пептиды, вызывающие болезнь Альцгеймера, представляют собой продукты расщепления трансмембранного гликопротеида APP («Успехи современной биологии», 2008, т.128, □ 5, с.467—480)...

...в муравейниках обитают 33 вида раковинных амёб («Зоологический журнал», 2008, т.87, □ 10, с.1168—1179)...

...подтопление почв в городах, например из-за аварий канализации или водопровода, можно определять методом вертикального электрического зондирования, не делая разрезов и скважин («Почвоведение», 2008, □ 10, с.1198—1204)...

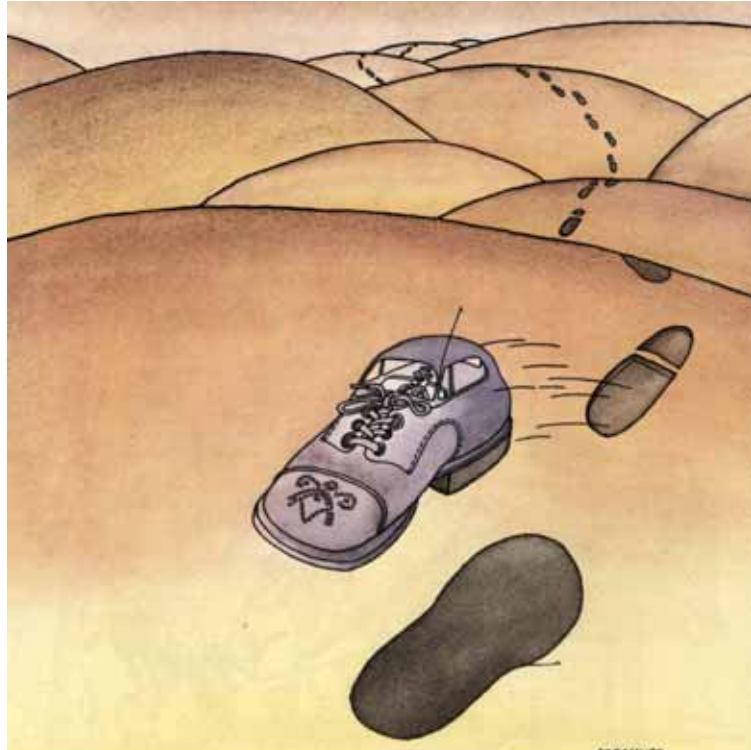
...лишайник *Nurogymnia physodes* активно поглощает тритий в атмосферной влаге и вводит его в органические соединения в 10 раз быстрее, чем сосудистые растения, поэтому его можно использовать для диагностики загрязнения тритием («Радиационная биология. Радиоэкология», 2008, т.48, □ 5, с.611—615)...

...впервые проведено активное сейсмическое зондирование грязевых вулканов, установлена связь между воздействием и интенсивностью грязепроявлений («Вулканология и сейсмология», 2008, □ 5, с.69—77)...

...сравнивая статистические данные по разным странам, уровень образования в России можно назвать европейским, уровень преступности, в частности убийств — латиноамериканским, продолжительность жизни и другие показатели, связанные с человеческим потенциалом, — африканскими («Известия РАН. Серия географическая», 2008, □ 5, с.34—50)...

...в России до 80% заболевших занимаются самолечением и только 20% обращаются к официальной медицине («Молекулярная медицина», 2008, □ 3, с.15—21)...

...создана навигационная система для автомобиля, принцип действия которой заимствован у мозга крысы («New Scientist», 2008, т.200, □ 2676, с.23)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Могила Бабы Яги

Был такой народ — натufийцы. Жили они на территории, которая простиралась от дельты Нила до нынешней Сирии, и строили прочные, просторные дома из камня. Более пятнадцати тысяч лет назад, когда, скажем, по Брянской области еще бродили стада мамонтов! Считается, что натufийцы были первыми строителями, хотя и не знали сельского хозяйства, обходясь охотой, сбором плодов и семян того же дикого ячменя, который в те давние времена изобильно рос в степях будущего Египта, Израиля и Сирии. Естественно, в их поселениях была сложная социальная структура, которая не могла обойтись без служителей какого-нибудь культа. Но что характерно, следов таких служителей до сих пор обнаружить не удавалось. Поэтому радость израильских археологов из иерусалимского Еврейского университета, раскопавших неповрежденную могилу натufийской шаманки (как они ее называли), была беспредельна, и они поспешили поделиться ею с общественностью («Proceedings of the National Academy of Sciences», 3 ноября 2008 года).

При жизни шаманка была запоминающейся личностью. Из-за травмы спины у нее имелись проблемы с передвижением: она ходила, в сущности, на одной ноге, а вторую под-волакивала. В загробный мир с ней отправили магические принадлежности, в том числе таз леопарда, хвост коровы, крыло золотого орла, черепа куниц. На левое плечо шаманки положили лапу вепря. Самый удивительный объект — отдельно лежащая целая ступня какого-то человека, который был гораздо больше шаманки. Второй же ступни не было. Кто знает, может быть, на самом деле археологи нашли служительнице не шаманического культа, а какого-нибудь другого, например ныне практически забытого культа единоножия...

Соплеменники неплохо повеселились во время тризны — съели пятьдесят черепашек, панцири которых положили в могилу. А само тело завалили огромными камнями, особенно постаравшись придавить ими голову, поясницу и руки. Видимо, сильно боялись они эту служительницу культа, опасались, как бы она не воскресла.

С.Анофелес



С.П.МАРКЕЛОВУ, Севастополь: Древесную смолу получают пиролизом (сухой перегонкой) древесины; технология смолокурения известна на Руси как минимум с XII века.

Ю.М.ПРОКОПЧУКУ, Москва: Озон в озонаторах получают при тихом (коронном) разряде между электродами; можно ли использовать имеющийся у вас озонатор в жилом помещении, должно быть указано в инструкции.

Л.Н.ГАЛЛИУЛИНОЙ, Канск: Пуансеттия, она же «рождественская звезда», с точки зрения ботаники — молочай красивейший (*Euphorbia pulcherrima*); но, хотя молочай и знамениты своими едкими соками, слухи о страшной ядовитости пуансеттии сильно преувеличены.

А.С.НИКОЛАЕВУ, Санкт-Петербург: Вы совершенно правы, клонирование мыши из клетки замороженной особи нельзя назвать «воскрешением», ведь существование клона никак не повлияло на плачевную судьбу замороженной; комментировать этот журналистский ляп мы не планируем, так как наши читатели в этом не нуждаются, но в копилку курьезов положили.

Е.В.ЧЕЧИНОЙ, Красноярск: Согласно Этимологическому словарю Фасмера, зарбав (изарбав, зербав, зербоф) — ткань с золотой или серебряной нитью, парча; слово заимствовано из тюркского.

Г.КРУШЕНКО, письмо из Интернета: Спасибо большое, конечно же правильно писать «кантилевер», а не «кантиливер», больше не повторится.

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: Если вы присылаете нам деньги за архив «Химии и жизни» переводом через Сбербанк, пожалуйста, указывайте в квитанции адрес, на который вам нужно прислать архив, а не место прописки.

ЕВГЕНИИ, вопрос из Интернета, и др.: Мы не печатаем повестей, а печатаем, во-первых, только рассказы, а во-вторых, только финалистов нашего конкурса на zhurnal.lib.ru; очередной конкурс только что закончился, следующий будет осенью 2009 года.



Любовь

А правнуков

что произойдет с любовью в будущем? Станет ли она иной? Очевидно, да, если продолжатся те перемены, которые начались в наше время.

Например, то, что женщина и мужчина должны вступать в брачный союз, желательно на всю жизнь, а все остальные любовные связи, мягко говоря, не почтенны — это было записано в священных книгах и в законах, это веками диктовал здравый смысл. Как же иначе, в конце концов?! Но пришел XX век, и оказалось, что иначе очень даже можно. Моральные и законодательные нормы были направлены на защиту женщины, оставшейся с ребенком после ночи любви. Но сегодня ночь любви не обязательно должна привести к рождению ребенка, и даже если это случится, ни женщина, ни ребенок без мужчины не погибнут... ну, по крайней мере, это верно для некоторой части населения цивилизованных стран.

Результат был мгновенным (по меркам эволюции). Биология человека не изменилась, и не могла измениться — всего-то за несколько поколений. А представления о семье и браке стали иными. В целом никто не отрицает, что семейный союз — дело хорошее, но очень многие предпочитают, чтобы это хорошее дело взял на себя



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

кто-нибудь другой. Никого не шокирует, если человек разводится, вступает во второй брак — а вспомните, как реагировали наши бабушки, если подобное приключалось с кем-то из поколения наших родителей! Вот до какой степени изменили сексуальное поведение нашего вида женская эмансипация и противозачаточные средства. Что ж, на то мы и люди разумные, чтобы не ждать милостей от эволюции, а приспособливаться к меняющимся условиям за счет обучения.

А отсюда следует, что дальнейшее изменение условий повлечет за собой и дальнейшие перемены. Прежде всего — стирание границ между поколениями. Отодвинется наступление старости, те члены семьи, которым век назад надлежало нянчить внуков и тихо-мирно греться на солнышке, займутся обустройством своей личной жизни. Зато продолжится обособление новой возрастной категории, тиней-

джеров — уже не дети, еще не взрослые, еще не зарабатывают на жизнь, но уже интересуются сексом. И наоборот, люди бесспорно взрослые могут задержаться в категории «студентов», «учащихся», просто потому, что современный мир сложен и учиться приходится дольше. А то и всю жизнь переучиваться, по причине стремительной модернизации техники и софта.

Все это ведет к расшатыванию привычных семейных отношений. Новые поколения будут придавать меньше значения понятиям «отец», «бабушка», «дедушка». Вдобавок в современный мир пришли новые, невообразимые еще двадцать лет назад отношения — дружба и флирт через Интернет и другие средства электронного общения, например посредством СМС. Такие связи часто называют суррогатом, заменой отношений с реальными людьми, слишком сложных и не всегда безоблачных. Но насколько серьезным мо-

жет быть интернет-флирт, и не только для подростков, нетрудно заметить по новостям криминальной хроники...

Значит ли это, что эмоциональная жизнь наших правнуков станет беднее? Может быть, да, но, возможно, она просто станет другой. Размывание границ семьи приведет и к тому, что в семейную ячейку легче будет принять постороннего — будь это новый муж моей мамы, или друг моего ребенка (не обязательно бойфренд, просто друг!), или кто-то, кто живет на другом континенте, но близок нам по духу. Так ли важно отсутствие общих генов или штампа в паспорте? Гораздо важнее то, что людям разумным свойственно собираться вместе, объединяться с такими же, как они. «Нехорошо быть человеку одному» — этого не отменит никакая эволюция.

Е.Котина

ПЯТЫЙ МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС
«БИОТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»



МОСКВА, РОССИЯ
16 - 20 марта
2009

7-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
«МИР БИОТЕХНОЛОГИИ' 2009»

Под патронажем
Правительства Москвы

Москва, Новый Арбат, 36/9 (Здание Правительства Москвы)

www.mosbiotechworld.ru

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ»

Руководители:
академик РАН **А.И. Арчаков**, директор Института биомедицинской химии РАН;
академик РАН **А.И. Мирошников**, зам.директора Института биорганической химии
им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Председатель Научного Совета
Пущинского научного центра РАН

СЕКЦИЯ 1. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА»

Руководители:
академик РАН **А.М. Егоров**, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова;
член-корр. РАН **А.Г. Габиров**, зав. отделом ИБХ им. М.М. Шемякина
и Ю.А. Овчинникова РАН

СЕКЦИЯ 2. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»

Руководители:
академик РАСХН **Л.К. Эрнст**, вице-президент РАСХН;
академик РАСХН **И.А. Тихонович**, директор ВНИИ сельскохозяйственной
микробиологии РАСХН;
член-корр. РАСХН **П.Н. Харченко**, директор ВНИИ сельскохозяйственной
биотехнологии РАСХН

СЕКЦИЯ 3. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»

Руководители:
академик РАН и РАСХН **В.А. Быков**, директор Института ВИЛАР;
член-корр. РАН **Е.С. Северин**, генеральный директор ВНИЦ молекулярной
диагностики и лечения;
д.б.н. **А.С. Яненко**, зам.директора ФГУП ГНЦ ГосНИИгенетика

СЕКЦИЯ 4. «НАНОБИОТЕХНОЛОГИЯ»

Руководители:
академик РАН **Р.В. Петров**, член группы экспертов по биобезопасности при
ЮНЕСКО;
академик РАН **А.И. Арчаков**, директор Института биомедицинской химии РАН;
академик РАН и РАСХН **К.Г. Скрябин**, директор Центра «Биоинженерия» РАН

СЕКЦИЯ 5. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ»

Руководители:
академик РАСХН **И.А. Рогов**, президент МГУ прикладной биотехнологии; академик
РАН **В.А. Тутельян**, директор НИИ питания РАН

СЕКЦИЯ 6. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

Руководители:
профессор **Н.Б. Градова**, РХТУ им. Д.И. Менделеева;
профессор **Г.А. Жариков**, НИЦ токсикологии и гигиенической регламентации
биофармацевтических препаратов Минздравсоцразвития РФ

СЕКЦИЯ 7. «БИОКАТАЛИЗ И БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Руководитель:
член-корр. РАН **С.Д. Варфоломеев**, директор ИБХФ им. Н.М. Эмануэля РАН,
заведующий кафедрой МГУ им. М.В. Ломоносова

СЕКЦИЯ 8. «БИОГЕОТЕХНОЛОГИЯ»

Руководители:
профессор **Г.В. Седелникова**, Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных и благородных металлов;
профессор **Э.В. Адамов**, Институт стали и сплавов

СЕКЦИЯ 9. «ИННОВАЦИИ, ФИНАНСЫ И БИЗНЕС»

Руководители:
профессор **Д.А. Ротозаев**, д.т.н., генеральный директор ОАО «Московский комитет
по науке и технологиям»;
С.В. Крюков, Председатель Совета Директоров РОО «Росагробпропром»;
к.т.н. **Е.Н. Орешкин**, зам. декана, МГУ им. М.В. Ломоносова;
профессор **Д.И. Цыганов**, д.т.н., зам.генерального директора ОАО «МКНТ»

СЕКЦИЯ 10. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ»

Руководители:
академик РАСХН **Е.И. Титов**, ректор МГУ прикладной биотехнологии;
профессор **Т.В. Овчинникова**, руководитель Учебно-научного центра ИБХ
им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, ММА им. И.М. Сеченова;
профессор **В.И. Панфилов**, проректор РХТУ им. Д.И. Менделеева

СЕКЦИЯ 11. «БИОИНФОРМАТИКА»

Руководители:
член-корр. РАН **Н.А. Колчанов**, заместитель директора ИЦиГ СО РАН, Новосибирск;
профессор **В.В. Поройков**, заместитель директора ГУ НИИ БМХ РАН, Москва

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ:
«ПРОБЛЕМЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ. БИОЭТИКА.
ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ»

Руководители:
академик РАН **М.П. Кирпичников**, декан биологического факультета МГУ
им. М.В. Ломоносова, член Президиума РАН, Председатель ВАК;
член-корр. РАН **С.В. Нетесов**, проректор по научной работе
ГОУ ВПО «Новосибирский государственный университет»;
член-корр. РАН **Б.Г. Юдин**, руководитель проекта ЮНЕСКО «Биотический форум»;
академик РАН **В.А. Тутельян**, директор Института питания РАН

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СИМПОЗИУМЫ

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ
ЧЕРНОМОРСКОЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ**

Руководители:
профессор **А. Атанасов**, Президент Черноморской Биотехнологической
Ассоциации;
профессор **А.Г. Голиков**, исполнительный секретарь Черноморской
Биотехнологической Ассоциации

**РОССИЙСКО-ШВЕЙЦАРСКИЙ СИМПОЗИУМ
«УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»**

Руководитель:
профессор **Н.В. Меньшутина**, декан РХТУ им. Д.И. Менделеева

**РОССИЙСКО-ФИНСКИЙ СИМПОЗИУМ
«ВИММ-БИЛЬ-ДАН ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ» - КОМПАНИЯ «ВАЛИО»
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР СИМПОЗИУМА -
«ВИММ-БИЛЬ-ДАН ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ»**

КОНКУРС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Председатель: академик РАН **В.И. Швец**
Зам. председателя: **Т.В. Овчинникова**, профессор ММА им. И.М. Сеченова, руково-
дитель Учебно-научного центра ИБХ им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН
Условия участия в конкурсе на сайте:
<http://www.mosbiotechworld.ru/rus/konkurs.php>

Прием тезисов и заявок на участие в Конгрессе до 15 ЯНВАРЯ 2009 г.

Тематика выставки:

Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленности, АПК, ветеринарии, геологии, промышленных производств,
а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически-активные добавки. Тест-системы для ИФА, определения алкоголя
и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии. Питательные среды. Биопрепараты для медицины и косметологии,
а также готовые продукты на их основе. Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований.
Лабораторно-аналитическое оборудование и биоаналитические комплексы. Промышленная и лабораторная безопасность.

По вопросам участия в конгрессе и выставке обращаться в ЗАО «Экспо-Биохим-Технологии»:
Адрес: 117218 Россия, Москва, ул. Б. Черемушинская, 34, офис 552
Телефон/факс: (495) 981 70 51, 981 70 54, 939 72 85
E-mail: aleshnikova@mosbiotechworld.ru, lpkrylova@sky.chph.ras.ru, atv@biomos.ru
Internet: www.mosbiotechworld.ru

ISSN 1727-5903



9 771727 590006



ЭКСПО-БИОИММ-ТЕХНОЛОГИИ
EXPO-BIO-IMM-TECHNOLOGIES