

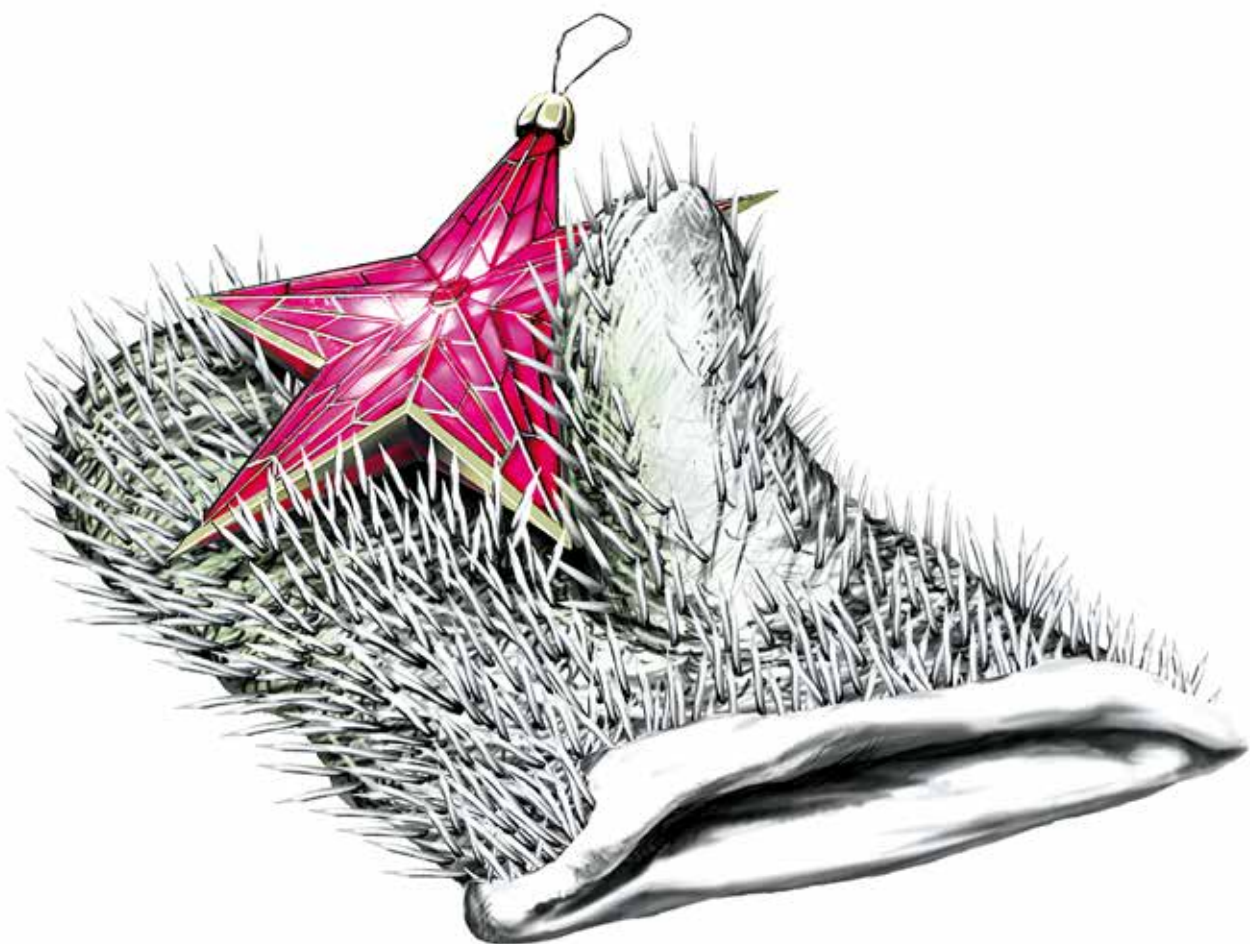


Ж

12

2013

НЗЖ И РИМЖ







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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

Б.А.Альшуллер,
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 2.12.2013

Адрес редакции
19991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8
Телефон для справок:
8 (495) 722-09-46
e-mail: redaktor@hij.ru
<http://www.hij.ru>

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Якоба Дюка «Утюжка». И в
XVII веке без железных вещей человеку
было некомфортно, а сейчас потреб-
ности так возросли, что стали и всего
прочего может не хватить. Читайте об
этом в статье «Цивилизация старьев-
щика».

*В каждой профессии
есть свои секреты, а если их нет,
то это не профессия.*

Саки (Гектор Хью Манро)

Содержание

Глубокий эконом ЦИВИЛИЗАЦИЯ СТАРЬЕВЩИКА. С.М.Комаров	2
История современности ЭКОНОМИЯ И БИЗНЕС. С.Анофелес	8
Технологии и природа ГРЯЗНОЕ ЗОЛОТО. В.В.Панюшкин	10
А почему бы и нет? САМОВОСПРОИЗВОДСТВО ВЕЩЕЙ. А.Ю.Чернов	18
Размышления ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИНГУЛЯРНОСТЬ. О.О.Фейгин	21
Нанофантастика БАБОЧКИ, ДОМОЙ! Юлия Кузнецова	24
Научный комментатор ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПОЛУАЛКАГЕСТ. М.Ю.Корнилов	25
Болезни и лекарства ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ В РОССИИ: ТРИ ГОДА ОПЫТА. Р.В.Деев	26
Здоровье ДИАГНОЗ ПО ИЗОТОПУ УГЛЕРОДА. А.Р.Эльман	30
Хемоскоп ФИКСАТОРЫ. Р.Бобылев	34
УЛАДИМ С ПОМОЩЬЮ ЗОНТА. Р.Бобылёв	35
Биогенез РОЛЬ ВИРУСОВ В ПРОИСХОЖДЕНИИ КЛЕТОЧНОГО ЯДРА. М.А.Никитин	36
Научный комментатор МНЕ ТЕБЯ СРАВНИТЬ БЫ НАДО... Н.Л.Резник	41
Дневник наблюдений ЖЕЛЕЗНЫЙ ВЕК МЛЕКОПИТАЮЩИХ. Н.Анина	44
Образование ЕГЭ – ИГРА В ОДНИ ВОРОТА? С.Ю.Пономарев	46
Книги ПОДЛИННАЯ ИСТОРИЯ ЖИЗНИ СТАРОГО ЭНТОМОЛОГА. К.Ю.Еськов, П.Н.Петров	52
Что мы едим ТЫКВА. Н.Ручкина.	54
Фантастика ЁЛЫ-ПАЛЫ. Юрий Иванов	56
Прогулки по истории химии ХИМИЯ И ХИМИКИ: ПОПЫТКА УНИЧТОЖЕНИЯ. И.А.Леенсон	64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	16	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	23	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	61	ПЕРЕПИСКА	64



Цивилизация старьевщика

Кандидат
физико-математических наук

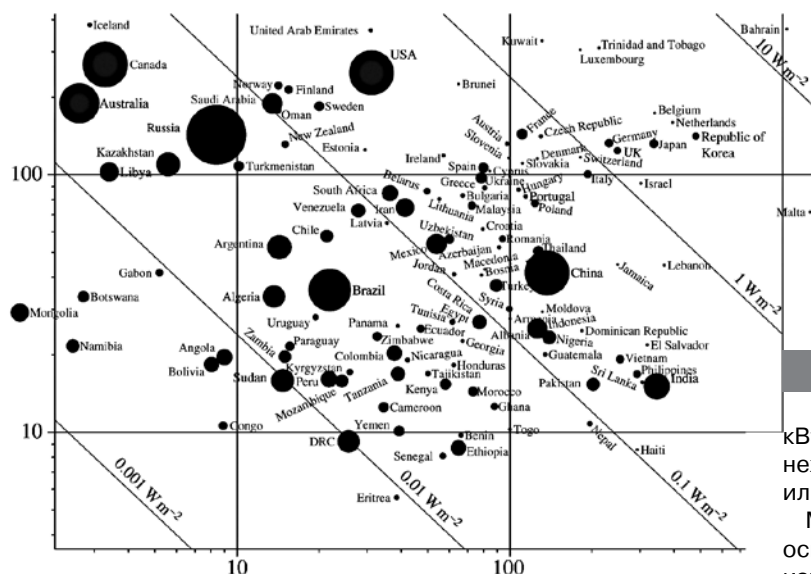
С.М. Комаров

Казалось бы, бурные события XX века показали: социалистический принцип главенства интересов общества над частнокапиталистической инициативой — удел маргинальных государств вроде КНДР или Кубы. В остальных же странах невидимая рука рынка (англ. *invisible hand of the market* — популярная метафора, впервые использованная Адамом Смитом) весьма относительно контролируется государством, а глобализация обеспечивает беспрепятственный переток товаров и ресурсов по всему земному шару. Однако череда кризисов самого конца XX—начала XXI века вызвала сомнения в том, что данный путь развития — единственно верный, и некоторые экономисты начали высказывать крамольную мысль: это системный кризис, следствие того, что рыночная экономика уперлась в недостаток ресурсов и прекращение роста потребления в развитых странах. Выходом же им видится весьма жесткое и масштабное вмешательство государства в самосогласованную систему рыночной свободы. Так следует

из результатов дискуссии по проблемам эффективности использования материалов, которую помогло организовать британское Королевское общество («*Philosophical Transactions of the Royal Society A*», 2013, 371, 1986; <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0496>). Вот краткий конспект этой дискуссии.

Энергия цивилизации

Начало современной капиталистической экономике было положено триста лет тому назад в ходе английской промышленной революции, когда человек стал использовать ископаемое топливо — уголь. До этого человек получал энергию только из возобновляемых источников и напрямую зависел от продуктивности фотосинтеза. Нельзя было прокормить больше людей, чем позволяла продукция, собранная с окрестных полей, а выплавка металла определялась количеством и доступностью леса вблизи металлургического завода. Поэтому, скажем, создание железной дороги и появление крупных городов было невозможно в принципе: чтобы отопить дровами дома в Лондоне 1700 года, потребовалось бы сжечь годовой прирост леса на площади 5,5 млн. км². Не случайно класси-



Как и ожидалось, в развитых странах потребление энергии (в киловаттах в день на душу населения) выше, правда, и географическое расположение (Россия), и специализация на добыче энергоносителей (ОАЭ, Саудовская Аравия или Тринидад и Тобаго) вносят свои коррективы. По горизонтальной оси — плотность населения на квадратный километр; размер точки соответствует площади страны. Из статьи David J. C. Mac Kay, «Philosophical Transactions of the Royal Society A», 2013, 371, 1986; <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0560>

ческие экономисты, такие, как Адам Смит, Давид Рикардо или Томас Мальтус, считали, что развитие ограничено площадью суши, пригодной для хозяйственного использования.

Уголь, то есть консервированная энергия фотосинтеза, не только поставил крест на этих взглядах, но и обеспечил появление новой экономики с многократно возросшими возможностями для производства. Не надо было больше рубить лес для производства стали или отопления домов. С открытием процесса Габера — Боша в 1913 году энергия ископаемого топлива обеспечила производство азотных удобрений и многократный рост урожайности с той самой площади суши, ограниченность которой столь волновала Мальтуса. Получилось то, что можно назвать линейной экономикой: постоянный рост производства и потребления с постоянным снижением стоимости материалов благодаря тому, что научно-технический прогресс обеспечивал рост эффективности всех производственных процессов.

Все это сопровождалось непрерывным ростом потребления энергии, которую человек использовал для трех главных дел. Первое — обеспечение условий для жизни, то есть тепла и еды. Второе — транспорт. Третье — производство материалов. Последнее потребляет примерно треть всей расходуемой человеком энергии, причем не только на нагрев или создание давления: при изготовлении материалов тратится и химическая энергия. Возьмем, например, углерод. Растения с помощью солнечной энергии восстанавливают углерод из углекислого газа; солнечная энергия при этом переходит в химическую энергию углеводов. В кислородной атмосфере они не устойчивы: охотно горят, возвращая энергию в виде тепла. Однако химическая энергия может быть законсервирована в энергоносителе — угле, в который углеводороды превращаются в недрах земли. В домне, где сделанный из угля кокс перемешан с железной рудой — оксидом железа, эта энергия идет на отщепление кислорода от оксида и становится химической энергией металлического железа, которое так же неустойчиво в кислородной атмосфере и, превращаясь в стабильную ржавчину, эту энергию утрачивает.

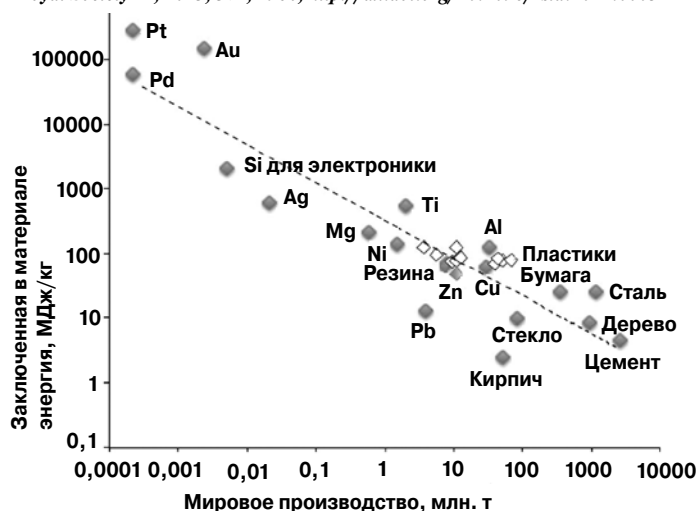
Все эти превращения энергии можно подсчитать и определить энергетическую насыщенность современной цивилизации, насыщенность, которая складывалась веками. В 2005 году в развитых странах с высоким уровнем жизни потребление первичной энергии составляло в среднем 200

кВт·ч в день на душу населения, что в двадцать раз больше, нежели в слаборазвитых странах вроде Сенегала, Эфиопии или Непала.

Можно выделить пять групп материалов, поглощающих основную часть энергии, расходуемой человеком на производство: сталь — 40%, цемент — 15%, пластики — 15%, бумага и картон — 10% и алюминиевые сплавы — около 7%. Отсюда сразу же видно, что мы продолжаем жить в железном веке, а мечты середины XX века о переходе в эру пластиков оказались несостоятельными. И это не случайно: затраты энергии на производство килограмма пластика в несколько раз выше, чем на производство стали. А раз мы живем в железном веке, значит, потребление стали может быть неплохим индикатором происходящих в нашей цивилизации процессов. Они весьма любопытны.

Оказывается, ее потребление в развитых странах отнюдь не растет до бесконечности; перелом наступает по достижении 10 тонн на душу населения. При этом обеспечен тот уровень комфорта и защищенности, к которому все стремятся: есть свой достаточно просторный и теплый дом, у каждого взрослого члена семьи машина, в доме холодильник, микроволновка, посудомойка, стиральная машина и прочие полезные устройства, в стране прошла индустриализация и создана хорошая транспортная инфраструктура. А далее потребление перестает расти и стабилизируется на уровне 500 кг стали в год на душу населения. Видимо, это число соответствует потерям стали от коррозии и физического устаревания различных устройств, которые меняют на такие же: машину на машину, уют на уют. Так, в Великобритании уже более десяти лет потребление стали колеблется между 20 и 25 млн. тонн в год при населении 63 млн. человек в 2011 году. Однако в среднем в мире на душу населения сейчас

Чем больше содержание энергии в материале, тем меньше объем его производства. Однако кирпича мы используем явно меньше, а стали — больше, чем можем. Из статьи Timothy G. Gutowski e. a., «Philosophical Transactions of the Royal Society A», 2013, 371, 1986; <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0003>



приходится 2,7 тонн стали, а годовое потребление не превышает 200 кг. Значит, если бы весь мир хотел к 2050 году жить так же, как сейчас живут в развитых странах, нужно было бы увеличить производство стали в 3,2 раза и для 9 млрд. землян выплавить за это время 70 Гт. При этом общие разведанные запасы руды соответствуют 79 Гт стали. Аналогично в два-три раза надо увеличить ежегодный выпуск четырех остальных главных материалов: цемента, бумаги, алюминия и пластика. Насколько реальна такая задача и к каким последствиям ее решение может привести?

Увеличение производства материалов неизбежно связано с увеличением производства энергии и соответственно увеличением эмиссии парниковых газов. Очевидно, что трехкратное увеличение расхода энергии только на производство материалов увеличит эмиссию до неприемлемых величин. Перед человечеством стоит обратная задача: сократить выбросы в два раза к 2050 году. Стало быть, нужно повысить энергетическую эффективность производства. Если принять для простоты, что потребление материалов к этому времени вырастет вдвое, то эффективность следует увеличить на 75%. Возможно ли это?

Для получения любого материала есть предельная энергетическая эффективность, определяемая химической энергией исходного сырья. У оксида железа, если речь идет о стали, энергия Гиббса (полная химическая энергия) составляет 6,7 МДж/кг. Это энергия, которую нужно затратить на разрушение химической связи между атомами железа и кислорода. Помимо собственно химической реакции энергию нужно тратить на добычу руды, ее транспортировку, подготовку, получение кокса из антрацита, прокатку стали и так далее. Эти процессы повышают затраты энергии, а за счет оптимизации процессов можно попытаться ее потребление сократить. За сто лет затраты энергии на производство стали сократились существенно: со 130 до примерно 20 МДж/кг, причем на металлургический процесс тратится половина этой энергии — 10 МДж/кг. Иначе говоря, до теоретического предела остается 3—4 МДж/кг. Точно так же и для остальных четырех основных материалов нашей цивилизации энергетическая эффективность держится в районе 60% от теоретической. Отсюда следует, что в нынешних обстоятельствах никакой, даже самый революционный технологический процесс не поможет сократить затраты энергии на производство материалов более чем на 20%.

В качестве дополнительного резерва имеется инерция технологического процесса. Предприятия по выпуску стали, бумаги, цемента, алюминия, пластика — большие крупнотоннажные производства, которые требуют больших затрат капитала. Модернизировать такие производства сложно, поэтому в большинстве своем они используют технологические процессы, открытые десятилетиями тому назад. Замена их новыми производствами, созданными по последнему слову техники, позволяет снизить затраты энергии. На сколько? Об этом можно судить, например, по тому факту, что старые алюминиевые комбинаты в Северной Америке тратят почти 16 кВт·ч электричества на килограмм алюминия, а современные заводы, построенные в Латинской Америке, — на 2 кВт·ч, или на 12% меньше. Аналогичная картина и в других отраслях. Анализ показывает, что различие между нынешними средними затратами и теми, которые имеются на лучших заводах, составляет 18%, так что суммарные возможности повышения эффективности производства материалов составляют не более 38%.

Еще один путь снижения затрат: найти источник, из которого материал извлекать легче. Первое, что приходит на ум, — вторсырье: основные затраты энергии на его получение уже произведены. Действительно, переработка вторичного алюминия требует лишь 10% той энергии, что идет на выплавку первичного. Для стали это 50%. Увы, много здесь не получишь, потому что из упомянутых пяти материалов железо и алюминий и так уже перерабатывают почти полностью,

бумагу — в значительной степени. Остаются полимеры, переработка которых затруднена из-за обширной их номенклатуры, и цемент, извлекать который из бетона пока не научились. Поэтому полимеры, как правило, сжигают, в лучшем случае используют как наполнитель при строительстве, а старые дома размалывают в щебенку и опять же пускают в строительство как наполнитель. В общем, более полное, чем сейчас, использование вторсырья позволит увеличить энергетическую эффективность производства материалов еще на 7%. Добавив возможную оптимизацию других процессов, не связанных непосредственно с изготовлением материалов, получаем 56%. Таким образом, достичь минимально необходимого роста на 75% даже теоретически не удается.

Дематериализация

Из приведенных выше расчетов следует, что при двукратном сокращении к 2050 году затрат энергии на производство материалов (а больше не удастся) и при таком же снижении выбросов углекислого газа (чего требует климатическая стабильность) потребление материалов можно к тому же сроку увеличить только на четверть от нынешнего. Дефицит же ресурсов ведет к устойчивому росту цен на материалы — тенденция, обратная той, что существовала на протяжении века. В Еврокомиссии это называют «большой сменой парадигмы». Таковы климатически-ресурсные ограничения на дальнейшее развитие. А что с ограничением спроса?

Получив в свои руки мощный источник энергии в виде ископаемого топлива, человечество в целом развивалось в условиях постоянного роста объемов потребления, линейно растущей экономики. Конечно, кризисы перепроизводства время от времени нарушали этот линейный рост, однако затем следовали ускоренные подъемы. И такой непрерывный рост — неизбежное условие самого существования капитализма, просто потому, что цель его производства — рост нормы прибыли (в отличие от феодализма, ориентированного на получение рентного дохода, и коммунизма, где производство, согласно определению, должно удовлетворять научно обоснованные потребности общества). Более того, норма прибыли, то есть отношение прибыли к вложенному капиталу, никак не может быть меньше ссудного процента плюс поправки на инфляцию — иначе производство оказывается бессмысленным. Если роста нет, получаются безнадежные долги, что сегодня видно на примере развитых стран, где долг зашкаливает порой за 100% ВВП, то есть выплатить его никак невозможно, только простить.

Для роста нормы прибыли нужно или сокращать издержки, или увеличивать объем продаж, то есть стимулировать потребление, или и то и другое. Однако тут есть демографическое ограничение, выявленное Семеном Абрамовичем Кузнецом (в эмиграции Саймон Смит), лауреатом Нобелевской премии по экономике 1971 года «за эмпирически обоснованное толкование экономического роста». Суть его идеи такова: смена поколений и рост населения неизбежно требуют строительства домов и новой бытовой техники, что приводит к циклическим изменениям скорости роста экономики с периодичностью смены поколений людей, примерно 25 лет. Эти циклы названы циклами Кузнецова. В частности, рост потребления материалов может сначала опережать рост ВВП, а затем, по достижении определенного уровня, отставать от него. Это называется дематериализацией экономики: все основные работы закончены, новые материалы требуются лишь для замены вышедших из строя изделий. Кузнец создал свои главные работы еще до войны, когда основные события происходили в развитых странах, где население в то время устойчиво росло. Однако в конце XX века пошел обратный процесс: население развитых стран перестало расти, производство для уменьшения издержек уехало в ранее слаборазвитые страны, потребление же осталось там, где и было, — в стареющем развитом мире.

Очевидно, что по достижении высокого уровня комфорта оно должно было когда-то остановиться. Так и случилось в конце XX века. Например, во Франции уже в 1980 году 90% семей во всех социальных классах имели весь ассортимент товаров длительного пользования. В Германии равновесие было достигнуто позже: с 1995 года число регистраций новых машин равно числу машин, сдаваемых на утилизацию. В Великобритании пик потребления материалов и производства отходов был пройден в 1999—2003 годах, теперь же продолжается сокращение, хотя и доходы, и численность населения растут.

Свою роль в дематериализации экономики сыграла и цифровая революция, обеспечившая человечеству неведомые прежде скорости и передачи информации, и возможности ее копирования. В 90-х годах это вылилось в такое уродливое явление, как «пузырь доткомов», то есть резкий рост стоимости акций интернет-компаний, — какой-нибудь поисковик вроде yahoo.com со своими подержанными компьютерами и миллионными убытками имел рыночную стоимость как у «Дженерал моторс» с ее заводами, машинами, автосалонами и тысячами рабочих. Тот пузырь лопнул в 1997 году, спровоцировав финансовый кризис 1998 года, однако последующие события показали, что апологеты цифровых технологий были в чем-то правы: эти технологии сильно снизили продажи во многих реальных секторах. Прежде всего, пострадали печатные газеты и журналы и соответственно бумажная промышленность; потери за счет массового пиратства понесла вся индустрия развлечений. Однако этим дело не ограничилось: удар был нанесен даже по автопромышленности. Так, социологи отмечают, что ныне владение модным смартфоном у американских и германских подростков котируется выше, чем обладание ранее престижной машиной. Это подтверждает и статистика: в самой автомобилизированной стране — США идет устойчивое снижение числа заявок на получение водительских прав, особенно заметное среди подрастающего поколения. С 2005 года не растет и длина пути, пройденная средним американским автомобилем за год: почти десять лет она была равна примерно 3000 миль, а ведь в 1985 году составила всего 1750. В Великобритании такое же сокращение началось в 2006 году. Есть мнение, что это связано с переходом людей к работе на дому благодаря Интернету, и это прямо подтверждают опросы, в которых 46% молодых американцев предпочитают доступ к Интернету владению автомобилем. Так неизбежно закладывается долговременная тенденция снижения объема продаж автомобилей и спада в смежных отраслях — от металлургии до шинной промышленности. В каком-то смысле можно сказать, что Интернет съел-таки Детройт с его заводами, машинами и рабочими — эта столица американской автомобильной промышленности сейчас переживает не лучшие времена.

В 90-е годы было мнение, что глобализация спасет мировую экономику. Однако это явление, совершив рывок за 1990—2000 годы, теперь стабилизировалось: число связей между людьми из разных стран больше десяти лет не растет. Считалось также, что развивающиеся страны помогут компенсировать падение потребления. Но все оказалось не настолько просто, и теперь мир затаив дыхание следит, смогут ли китайские коммунисты стимулировать внутреннее потребление. Специалисты же с ужасом наблюдают рост внутреннего китайского долга, который уже достиг объема кредитования Китаем всего остального мира. Как работает стимуляция спроса в развитых странах, можно видеть на примере Германии, у которой за период 2000—2007 годы рост ВВП в точности соответствовал росту госдолга. Получается, что сегодня у человеческого общества нет не только ресурсов, но и желания увеличивать потребление, то есть продолжать трехсотлетнюю традицию линейной экономики капитализма.



Общество снижающихся мощностей

Таким образом, смена экономических ориентиров в условиях перенасыщенных товарами рынков и роста цен на сырье оказывается не выдумкой неких злобных марксистов, мечтающих взять реванш за поражение конца XX века, а объективной реальностью. И не исключено, что выходом будет отказ от экономики линейного роста. А что взамен? Недостатка в идеях нет, однако по большому счету все они сходны между собой: строгая экономия и использование местных ресурсов. Вот, например, общество снижающихся мощностей, предложенное Джоном Ури из Ланкастерского университета.

По его мнению, необходимость перехода к обществу снижающихся мощностей вызвана не только уменьшением потребления, но потребностью снизить на 80% выбросы парниковых газов к 2050 году. Для этого нужно изменить всю культуру поведения общества и прежде всего отказаться от измерения достижений в единицах ВВП на душу населения. Причина в том, что ВВП отнюдь не коррелирует с уровнем благосостояния. Например, самыми счастливыми в 2012 году были жители небогатой Коста-Рики. Вообще же, когда общество выходит на определенный уровень благосостояния, дальнейший рост личных доходов не поднимает этот уровень — прибавка расходуется впустую, на предметы роскоши. Значимыми для оценки благосостояния оказываются продолжительность жизни, защита детства, уровень грамотности, социальная мобильность и доверие. Эти параметры выше всего в богатых обществах с низким уровнем имущественного расслоения, например в Норвегии. Там возникает чувство братства, осознание обязательств друг перед другом у каждого члена общества; там можно пытаться строить общество снижающихся мощностей. При большом различии доходов эта затея обречена на неудачу: недоступность тех или иных товаров или услуг заставляют людей желать их сильнее всего, что нисколько не способствует экономии ресурсов, зато возбуждает социальную рознь.

Снижение мощностей надо начинать именно со снижения уровня неравенства. Значит, высокий статус в таком обществе должен иметь не тот, кто много получает, а тот, кто мало тратит, кто не ездит далеко, кто использует местные товары и услуги — в общем, живет местной жизнью. Поскольку мировые СМИ пропагандируют как пример для подражания обратное, снижение их роли и влияния — жизненно важная задача. Для экономии энергии нужно повысить плотность населения, при этом дружеские связи следует заводить со своими соседями, после свадьбы селиться поблизости от родителей, а с далеко живущими родственниками общаться по видеотелефону. Еду в этом обществе будут выращивать на месте. Ури особо отмечает, что опыт Кубы, которой удалось к середине 90-х обеспечить себя продовольствием после тяжелейшего кризиса (яркий пример общества снижающихся мощностей), вызванного распадом социалистической системы, свидетельствует: это можно сделать без крупных хозяйств с характерными для них высокими затратами энергии. Маленькие фермы с органическим хозяй-

ством, небольшие кооперативы, городские огороды, местные рынки — вот что обеспечило так называемый кубинский мираж. Теперь продолжительность жизни на Кубе — мерило успеха в обществе снижающихся мощностей — почти такая же, как в США, а затраты энергии на душу населения в десять раз ниже; Всемирный же банк признает эту страну лидером среди развивающихся стран по уровню жизни. С нее и надо брать пример.

Работать и учиться также следует рядом с домом, а международное перемещение студентов должно быть прекращено: системы виртуальной реальности и дистанционное образование сократят всевозможные путешествия. Особая роль в грядущих преобразованиях принадлежит трехмерным принтерам; они совершат подлинную революцию, обеспечивая занятость на местах, мелкосерийное производство запчастей и готовых изделий, причем подогнанных под конкретных потребителей продукции. Это позволит отказаться от перемещения товаров из одной точки земного шара в другую и соответственно сократит энергозатраты.

Вместо скоростных личных автомашин в таких локальных сообществах станут использовать общественные низко-скоростные устройства на электрической или мускульной тяге — мопеды, велосипеды. Они будут объединены в сеть с помощью всевозможных датчиков и подчиняться единому управлению, как для безопасности движения, так и для того, чтобы каждый мог найти себе транспортное средство. Вот как решают проблему в шведском городке Векшё. В парковках под общественными зданиями стоят только общественные автомобили, не использующие ископаемого топлива. Каждый служащий, который добирается до работы на велосипеде или «зеленом» городском автобусе может забронировать такой автомобиль для дальнейшего путешествия. Опыты по внедрению электротранспорта с привычной для молодежи платой «за трафик» уже проводят такие ведущие компании, как «Даймлер» и «Пежо».

Вот пример детального расчета действий по экономии энергии в обществе снижающихся мощностей, предложенный Джулианом Оллвудом из Кембриджского университета. Поставим себе цель сократить потребление стали на душу населения в два раза — с нынешнего высокого британского уровня до среднемирового значения. Для оценки резервов возьмем четыре объекта: офисное здание, прокатный стан, автомобиль и холодильник. Каждый из них содержит сталь, служит некоторое количество времени и удовлетворяет потребности определенного числа людей. Исходя из этого, можно рассчитать потребление стали в год на человека. Оно составит соответственно: 43, 1,7, 58 и 3 кг. Для достижения цели нужно снижать содержание стали, увеличивать продолжительность службы и число обслуживаемых людей. Как это возможно?

У прокатного стана возможности невелики, поскольку его хозяин и так заинтересован, чтобы стан катал много стали и делал это долго. Более того, при модернизации производства стан не сдают в металлолом, а продают на другой завод. Такое экономное использование видно по расходу стана: 1,7 кг стали в год на душу населения. Есть два резерва повышения эффективности. Это снижение запаса прочности, что может увеличить затраты на последующий ремонт и компенсацию последствий аварии, а также восстановление изношенных деталей, например поверхности валков.

Офисное здание служит не более 40 лет, после чего его сносят. Вот первый резерв экономии: ломать здания надо раз в сто — двести лет, надежность это вполне позволяет. Приводить в соответствие с требованиями современности их следует с помощью реконструкции: затраты капитала те же, а расход материалов и объем мусора гораздо меньше. Второй резерв таков: более 70 часов в неделю из 168 офисы простаивают. Если использовать офис в режиме раздельного времени — днем в помещении контора, а вечером мебель сдвигают и получается ресторан, класс для обучения или

жилое помещение, — тогда увеличится число обслуживаемых людей. В Великобритании подобные опыты если и проводят, то со школами, устраивая обучение в две смены, однако для арендодателя это выгодно — он получит двойную плату. Значит, такая идея может и прижиться.

С автомашиной другая история. Прежде всего, ее вес можно снизить на треть, что приведет к экономии топлива. Такое решение выгодно потребителям и не очень накладно для изготовителей, которые и так идут по этому пути. Заменяя его части, в принципе можно сделать жизнь автомобиля вечной. Это, правда, затрудняет внедрение прогрессивных технологий в конструкцию, однако если топливная эффективность двигателя вышла на плато, потребность в таком внедрении отпадет. Но по-настоящему революционным станет отказ от личного автотранспорта и использование его в режиме разделенного времени. В мягкой форме это совместные поездки с соседом — такая практика распространяется в моменты кризисов, а способствовать ей могут и рекламные мероприятия. Например, в США во время войны, когда топливо распределяли по карточкам, везде висели плакаты: «Едешь один — везешь с собой Гитлера». В радикальной же версии машины принадлежат некой компании, которая заботится об их обслуживании, и каждый желающий может взять любую машину, заплатив потом за ее прогон. Идея кажется экстравагантной; хотя она и многократно описана фантастами, общество к ней не готово. Однако есть мнение, что с появлением автомашин-роботов этот вариант получит шансы на жизнь.

У нас остался четвертый бытовой прибор — холодильник. Его невозможно использовать совместно с соседом, но зато можно обеспечить такую конструкцию, которая позволяет легко менять холодильный агрегат, осуществляя модернизацию или ремонт и таким образом продлевая срок службы холодильника с нынешних 8 до 40 лет, что опять-таки обеспечивает рабочие места местным ремонтникам, отнимая их у глобализованного изготовителя. Подобные меры вполне позволяют значительно сократить потребление материалов без сокращения уровня комфорта.

Циклическая экономика

Идеи Джулиана Оллвуда созвучны идеям швейцарского экономиста Вальтера Штахеля, основателя и директора организации «Product-Life Institute». Предложенная им циклическая экономика основывается на повторном использовании, ремонте и модификации имеющихся изделий вместо нового производства, а также на замене продажи товаров продажей услуг.

Для создания циклической экономики нужно, как считает и Ури, прежде всего отказаться от самой идеи оценивать успешность экономической политики по росту ВВП и перейти к оценке, основанной на качестве управления накопленными запасами. Различие принципиальное. Рост ВВП — динамический показатель, показатель потока, измерять его — все равно что мерить движение воды в трубе, не интересуясь, куда она течет и каков ее уровень там. Запасы — статический показатель, их можно увидеть невооруженным глазом, качественное управление ими обеспечивает не траты, а сохранение.

Первый принцип циклической экономики — «не надо ремонтировать то, что не сломалось; не изготавливай то, что можно починить, и не отправляй на переработку то, что можно восстановить». С географической точки зрения это значит «делай все это на месте, чтобы избежать упаковки и перевозки». С технологической — «конструируй изделия так, чтобы их было просто чинить и модернизировать». Вот конкретные примеры выгоды, получаемых от использования этого принципа. Железные дороги Германии решили в 2010 году модернизировать 59 высокоскоростных поездов, выработавших ресурс 15 млн. км за 15 лет. Затраты на каждый поезд составили 3 млн. евро

— в восемь раз меньше стоимости нового поезда. При этом было сохранено 80% материалов, что позволило избежать выплавки 16,5 тыс. тонн стали, 1180 тонн меди и связанного с ними образования 500 тыс. тонн отходов. Восстановление автомобильных двигателей до состояния «как новые» обеспечивает снижение потребления сырья на 25—90%, образование отходов снижается на 65—88%, а потребление энергии падает на 68—83%. Расчеты показывают, что внедрение принципов циклической экономики в Великобритании позволит сократить ежегодные выбросы CO₂ на 800 млн. тонн. Для сравнения: специальные тарифы на солнечную энергетику в Германии позволяют сократить эти выбросы лишь на 100 млн. тонн.

Второй принцип — сохраняй ценности, а не приумножай их. Эффективное использование запасов подразумевает низкую скорость обращения материалов. Так, одноразовые пластиковые бутылки надо постоянно изготавливать, теряя при переработке часть материалов. Многооборотные стеклянные бутылки живут гораздо дольше — в Швейцарии около полутора лет, и их использование требует гораздо меньшего потока стекла, проходящего через производство. Точно так же продление сроков службы всех вещей резко замедляет рост потребления невозобновляемых природных ресурсов, от металлов до энергоносителей.

Третий — продавай услуги, а не товар при сохранении собственности на всех этапах жизни изделия. В качестве примера можно привести службу сервиса шин, которую компания «Мишлен» предлагает владельцам грузовиков и уже применила при обслуживании армии США. Шину со стертым протектором можно восстановить, наварив новый протектор. Качество такой шины не сильно уступает новой, однако расход материалов существенно ниже. Частные же владельцы считают, что раз такие шины дешевые, значит, плохие, и используют их неохотно. Изготовитель шин не заинтересован в восстановлении, поскольку это снижает объем продаж. Но вот он прекращает продавать шины и начинает продавать услугу: водитель платит ему за пройденные километры. Все сразу меняется: нет заинтересованности в продажах новых шин, зато есть заинтересованность в том, чтобы они были качественными и служили как можно дольше. А восстановленные они или новые — уже не важно. Компании, изготавливающие автомобили или, например, холодильники, при таком подходе меняют принципы конструирования таким образом, чтобы обеспечить длительную эксплуатацию изделий и облегчить их ремонт и модернизацию.

Конечно же этой экономике, как и линейной, нужны развитые рыночные механизмы, поскольку без них невозможно гарантировать перепродажу подержанных вещей и их повторное использование.

Всего этого благолепия цивилизации старьевщиков можно достичь принципиальным изменением налоговой системы. Суть его в том, чтобы освободить от налогов возобновляемые ресурсы и переложить налоговую тяжесть на первичные материалы, энергию, нежелательные отходы и выбросы в атмосферу. Среди возобновляемых ресурсов особое место занимает рабочая сила. Существующая в экономике линейного роста налоговая система несколько не способствует повышению ее качества, зато, наоборот, через механизмы соцзащиты способствует превращению в мусор — безработных потребителей, сидящих на пособии. Эта политика чрезвычайно расточительна, ведь общество тратило 15—20 лет на создание рабочей силы высокой квалификации, безработный же за несколько лет все теряет. При этом он потребляет столько же ресурсов и образует столько же выбросов углекислого газа, что и работающий человек. Отказ от налогообложения заработной платы может показаться странным, однако это не новость: в 11 штатах США такого налога нет, причем к их числу принадлежат такие крупные доноры федерального бюджета, как Флорида и Техас.

Перенесение налоговой нагрузки на использование пер-



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

вичных материалов неизбежно стимулирует использование вторичных ресурсов. Поскольку при сортировке мусора используется много ручного труда, отмена налогов на рабочую силу делает выгодной тщательную сортировку, в результате которой на выходе получается вторсырье хорошего качества. Серые зарплаты исчезают как явление, а собираемость налогов улучшается, ведь первичные ресурсы вырабатываются на крупных предприятиях и проследить их пути в экономике гораздо проще. Циклическая экономика обеспечивает прежде всего местную занятость, стимулирует органическое земледелие, производство мебели из дерева, одежды из шерсти и кожи — при этом используются не облагаемый налогами труд и местное возобновляемое сырье. Необходимость поддерживать работоспособность механизмов в течение длительного времени дает заработок не только местным механикам, но и пенсионерам, которые консультируют подрастающее поколение, объясняя, как все это работало раньше. Циклическая экономика направлена на бережное использование имеющихся запасов, поэтому она неизбежно заинтересована в длительной работе не только изделий, но и рабочей силы, то есть в хорошей системе здравоохранения. Культурное наследие принадлежит к числу запасов, а не потоков, и сохранение культуры также входит в число ее задач.

Согласно Штахелю, мы живем в переходный период от экономики линейного роста к циклической экономике. Об этом можно судить по действиям той же Еврокомиссии, которые направлены на сокращение отходов, выбросов парниковых газов и увеличение доли переработки вторсырья. Неудивительно, что в такой период принимаются противоречивые решения. Так, власти Германии одной рукой подписывают законы, ужесточающие требования к мусору, требуя продления сроков службы вещей, а другой — постановления об ускоренной утилизации вполне работающих автомобилей, что необходимо для подстегивания линейного роста. В США ситуация выглядит совсем парадоксальной в свете борьбы с выбросами парниковых газов: на дотации пользователям ископаемого топлива за 2010 год государство потратило полтриллиона долларов. В Евросоюзе размер таких дотаций скромнее — 56 млрд. евро ежегодно.

Миры, построенные перечисленными выше экономистами, выглядят странно; они разительно отличаются от привычных нам картин прогресса и процветания и весьма похожи на тот коммунизм, о котором рассказывал Николай Носов в книге «Незнайка в Солнечном городе». Конечно, внедрять подобные решения, нарушающие интересы могущественных корпораций, связанных с углеводородной экономикой, весьма нелегко. Однако, как считает Ури, изменения могут произойти стремительно, подобно распространению сотовой связи, поэтому общество должно быть готово к сюрпризам. Как сначала возникли отдельные кластеры углеводородной экономики, а затем распространились на весь мир, точно так же по мере появления кластеров общества снижающихся мощностей эта экономная цивилизация сменит ту, что была создана в XX веке.



Экономия и бизнес

Бизнес, да и правительство, вовсе не всегда рады попыткам сократить расход энергии и материалов, поскольку они объективно создают серьезные трудности. Характерный случай произошел в советской электроламповой промышленности. Рассказывают, что однажды допуски на толщину вольфрамовой нити в лампах накаливания были ужесточены и лампы перестали перегорать. Казалось бы, это хорошо. Ан нет — сократилось их потребление, а за ним и производство; потребовалось закрывать заводы. Чтобы сохранить рабочие места, разрешили делать нить не столь качественной, и спрос вернулся на уровень, соответствующий возможностям производства. Кстати, неперегорающая лампа накаливания существует: вот уже более ста лет она горит в Шотландии, в Эдинбурге. Вообще, советские товары в определенный период истории были очень надежными, вспомним холодильники ЗИС, работающие по полвека, или машины «Победа», кузов которых из миллиметровой стали гниет в разы дольше, чем у современных машин. В дефицитной экономике это было вполне оправданно, однако в рыночную, динамично развивающуюся, не вписывается по определению: предприятие, которое выпускает качественные, долго служащие вещи, в соответствии с принципом Лемона оказывается беззащитным перед конкурентом, выпускающим некачественные, но дешевые товары с большей скоростью оборота. Принцип же этот гласит: конкуренция ухудшает качество товара.

Реальная экономика своеобразно проявляет себя и в таком, казалось бы, простом деле, как использование вторичного сырья. Брюс Ганнон из Иллинойского университета рассказывает такую историю («Philosophical Transactions of the Royal Society A», 2013, 371, 1986; <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0005>). В США бумагу делают одни компании, а макулатуру собирают другие и продают первым. Естественно, те свою первичную целлюлозу используют охотнее, ведь деньги тогда не уходят из дома, тем более что у вторичной целлюлозы волокна становятся все короче и короче, а это сказывается на качестве продукции. В результате

даже в пик энергетического кризиса 70-х годов вторсырье составляло 25—30% от объема бумажного производства, хотя максимальная доля доходила до 40%. Аналогичным образом месторождения руды принадлежат металлургическим компаниям, а металлолом собирают сторонние организации, и в годы спада металлурги ломом стараются не пользоваться: своего сырья в достатке. Надо признаться, на это влияют и технические соображения. Дело в том, что лом неизбежно загрязняется, поскольку провести полную сортировку невозможно. Часть примесей, имеющих большее сродство к кислороду, чем железо, выгорает и уходит в шлак. Но вот, например, у меди сродство меньше, и никаким простым металлургическим процессом сталь от нее не очистишь. Так же ведет себя и сурьма — специалисты говорят, что со времен войны весь лом у нас загрязнен этим элементом. Так что качество металла из лома оказывается ниже, чем у полученного из руды.

Вообще, очистка лома металлов — одна из важнейших проблем современного материаловедения. Румынский экономист Николае Геореску-Рёген, эмигрировавший в США в 1946 году, предложил четвертый закон термодинамики: масса исчезает так же, как и энергия, превращаясь в высокоэнтропийные отходы. Экономика в соответствии с этим законом превращает качественные низкоэнтропийные ресурсы, сконцентрированные в месторождениях — нефть, газ, уголь, железную руду, медь, — в высокоэнтропийные отходы, рассеянные по всей планете, а теперь уже и за пределами Солнечной системы. Яркий пример — электронные устройства: для их создания берут слитки алюминия, серебра, золота, галлия, индия, селена, германия,

различных лантаноидов и смешивают, получая сплавы и компоненты микросхем. Теперь для их разделения, то есть преодоления энтропии, нужно затратить гораздо больше энергии, чем пошло на сплавление. Все эти элементы весьма важны для цивилизации, поскольку без них нельзя делать микросхемы или электромагниты, ресурсы же ограничены по определению. Более того, рассеянные элементы требуют немалых затрат на их извлечение из руд. Поскольку в ломе их концентрация выше, чем в руде, возникает мысль о вторичной переработке, чему должно способствовать природоохранное законодательство. О том, как это работает сейчас в Евросоюзе, рассказывают Робер Айрес и Лаура Пейро из исследовательского центра INSEAD, расположенного в Фонтенбло («Philosophical Transactions of the Royal Society A», 2013, 371, 1986; <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0563>). По прямому пути наибольшего извлечения элементов пошли, например, бельгийцы, которые в 1997 году перепрофилировали металлургический завод неподалеку от Антверпена и теперь ежегодно переплавляют там 350 тысяч тонн металлического электронного мусора. Таким образом в производство возвращаются 1000 тонн серебра, 30 тонн золота, 37 тонн платиноидов, почти 70 тысяч тонн меди, никеля и свинца и еще остаются два концентрата, содержащих легкие (селен, индий, теллур) и тяжелые (свинец, висмут, сурьму, олово, мышьяк) элементы соответственно. Но таких фабрик в мире всего пять, и три из них в Европе. Более того, сейчас нет технологии по извлечению из мусора многих важных элементов, например германия, галлия, тантала. Причина в том, что эти и другие рассеянные элементы извлекают как



Фото Иво Пришечка

побочный продукт основного производства, например никеля, меди, цинка. Там применяют другие технологии, нежели при переплавке лома.

Увы, не все такие рачительные, как бельгийцы: значительная часть электронного мусора отправляется в страны с низкой ценой рабочей силы, например в Китай. Там с помощью цианидов извлекают золото, а отходы со всеми остальными элементами заливают в бочки и складывают до лучших времен, поскольку они сильно ядовиты и никуда выливать их нельзя. Третий путь еще хуже (см. «Химию и жизнь», 2013, № 8): старые компьютеры отправляют в Африку, якобы для повторной продажи. А там, ввиду отсутствия природоохранного законодательства, отвозят на свалку. Такая же судьба у подержанных автомобилей, перепроданных из Евросоюза в бедные страны: их отправляют в железный лом, из-за чего исчезают многие ценные элементы.

Можно найти удивительные примеры того, как давление бизнеса заставляет отказываться от энергетически эффективных процессов. Ганнон рассказывает такую историю. Давным-давно, еще в 50-х годах, он, проводя специальную работу со своими студентами, выяснил, что многоразовая тара для прохладительных напитков стоит (в затратах энергии) в четыре раза меньше, если считать на литр напитка, нежели одноразовая. При этом средний срок службы многоразовой тары в США составлял 17 оборотов. Однако именно в то время, когда этот расчет стал достоянием научной общественности, в США началось победное шествие одноразовой тары, прежде всего алюминиевых и стальных банок. Крупным изготовителям прохладительных напитков было нелегко наладить сбор и повторное использование тары, тем более что у каждого она была своя. Поэтому они провели рекламную кампанию, подчеркивающую преимущества прекрасно перерабатываемых легких металлических банок по сравнению с тяжелыми бутылками, которые надо мыть. Как ни странно, даже профсоюзы поддержали это начинание, хотя, казалось бы, они должны были заботиться о рабочих местах для мойщиков посуды, которые неизбежно попадали под сокращение. В этом был свой резон: у металлургов зарплаты выше, чем у мойщиков, с них больше членские взносы в профсоюзную кассу. Сейчас в США многоразовые бутылки встретишь только в музее. Напомним для молодых читателей, что в СССР система сбора многоразовой тары при помощи залоговой стоимости существовала, более того, на всей территории стран СЭВ имелись единые стандарты. Бутылки из-под болгарского сока вполне принимали в соответствующих пунктах в Москве.



Переход к капитализму разрушил эту систему, в частности, и потому, что потребовалась индивидуальная тара для каждого изготовителя как способ защиты от подделки. Собрать же неунифицированные бутылки по всей территории страны — занятие малорентабельное.

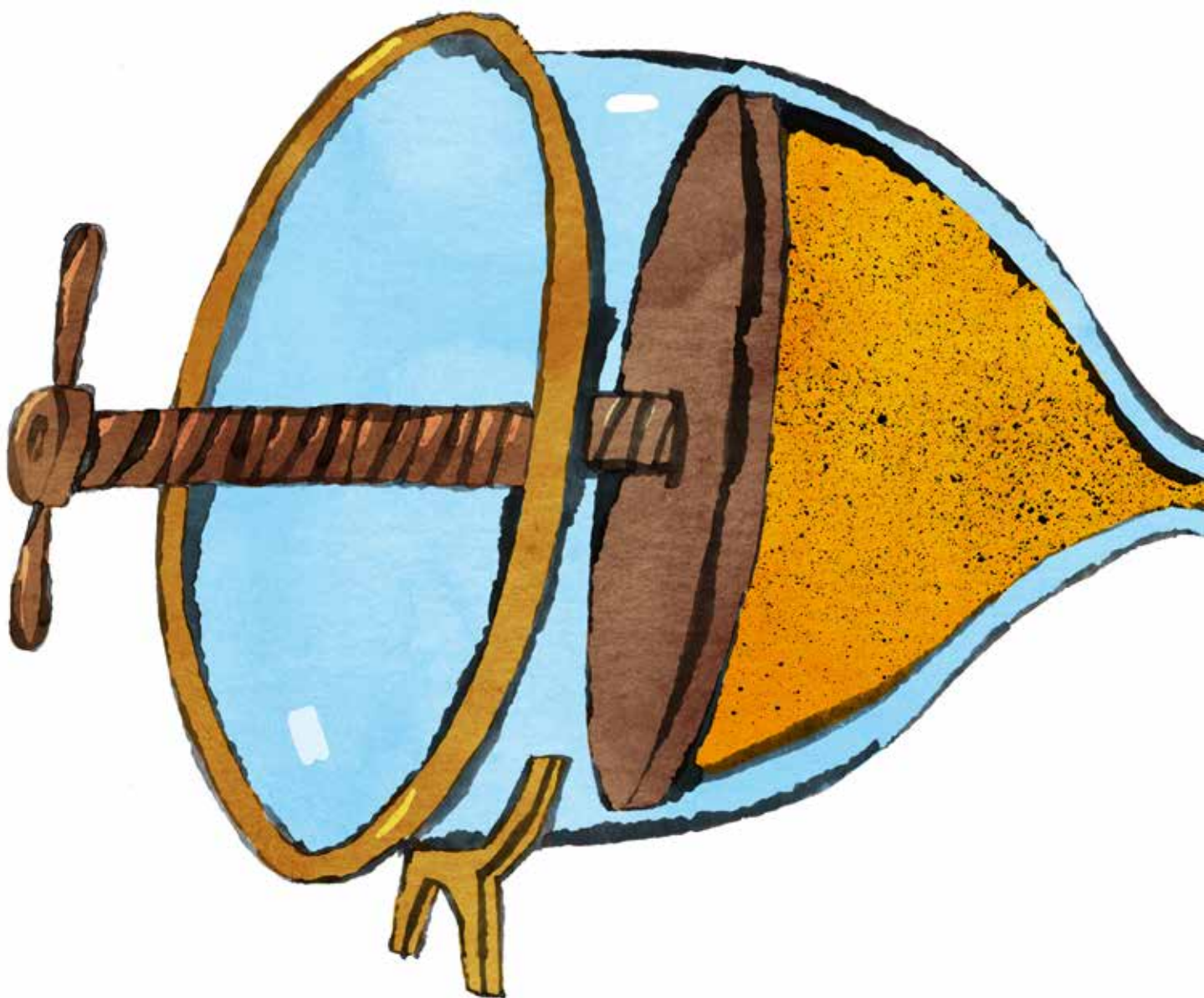
Проблема тары — существенный вопрос эффективного использования материалов, ведь на нее приходится более 40% твердых бытовых отходов, которые надо собирать и как-то утилизировать или складировать — все эти операции требуют затрат энергии. При этом повторное использование тары — естественно, самое энергетически экономное решение. Нидерланды входят в четверку главных потребителей тары в мире, поэтому интересно посмотреть на опыт взаимодействия правительства этой страны с бизнесом. Об этом рассказывают Эрнст Воррель, Марьёсе ван Слюзвельд и Жаклин Крамер из Утрехтского университета («Philosophical Transactions of the Royal Society A», 2013, 371, 1986; <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0564>). В этой стране начиная с 1988 года было издано несколько директив, направленных на снижение использования материалов. В первой основной упор был сделан на количественное сокращение упаковочных материалов, и это сработало: общий вес упаковки снижался со скоростью 2,7% в год — с 3,2 млн. тонн в 1991-м до 2,5 млн. тонн в 1998-м. Этого снижения достигли простейшим способом — заменой тяжелых материалов в таре на легкие. Однако впоследствии установили другие критерии, и потребление материалов для упаковки к 2007 году отыграло почти все сокращение, достигнув 2,9 млн. тонн. Анекдотическая история вышла с попытками заставить бизнес использовать маленькие (1—1,5 литра) пластиковые бутылки много раз. Начало было хорошим: на все бутылки из ПЭТФ ввели залоговую цену и обязали магазины собирать тару и отправлять ее изготовителям напитков. Сбор действительно достиг почти 90%. Однако компании построили заводы по переработке и отказались повторно использовать старые бутылки, ссылаясь на мнение потребителей. Конечно, перерабатывать не столь эффективно, как повторно использовать, но все же лучше, чем отправлять на свалку. А в 2007 году возникла мысль: почему мы собираем только бутылки, когда есть и другие виды

пластикового мусора, например пакетики? В парламенте состоялась дискуссия. Некоторые трезвомыслящие депутаты говорили: есть отлаженная система сбора бутылок, основанная на залоговой стоимости; давайте ее сохраним и организуем параллельную систему раздельного сбора или сортировки остального мусора — полиэтилена, полипропилена, полистирола, ПВХ и так далее. Но большинство проголосовало за одну систему, более удобную бизнесу. Залог был отменен, и с 2008 года в мучительных переговорах с муниципалитетами рождается новая система. Осталось не до конца ясно, кто должен сортировать пластик — жители или переработчики. В принципе есть сканеры, способные разделять различные виды пластика в потоке мусора, однако голландцы пока что решили, что этим должны заниматься сами жители. Проблема понятна: если пластиковый мусор не отсортирован, то при переработке получатся изделия низкого качества.

В нашей стране российский Союз химиков не раз заявлял о том, что переход на биоразлагаемую пластиковую тару неразумен: во-первых, от этого площади свалок не уменьшатся, во-вторых, пострадают интересы отечественных изготовителей полипропилена, а полилактат у нас не делают. Самоуничтожение тары, конечно, не снижает потребление энергии на ее производство, однако снижает затраты на очистку замусоренных территорий. Судя по тому, что биоразлагаемые одноразовая посуда, коробки для тортов, салатов, всяческой нарезки, не говоря уж о пакетиках и прочем, у нас отсутствуют, хотя цена на полилактат для потребителя пакетика уже неотличима от цены полипропилена и полиэтилена, с учетом малого расхода материала на единичное изделие, мнение бизнеса было услышано.

Отнюдь не все страны забыли про оборотную тару. Например, в Швейцарии с ее народным управлением оборот стеклянных бутылок, на которые назначена залоговая стоимость, вполне работает: стеклянная бутылка за свою жизнь совершает 27 оборотов. Ну да швейцарцы известны не только своим богатством, но и бережливостью.

С Анофелес



Грязное золото

В.В. Панюшкин

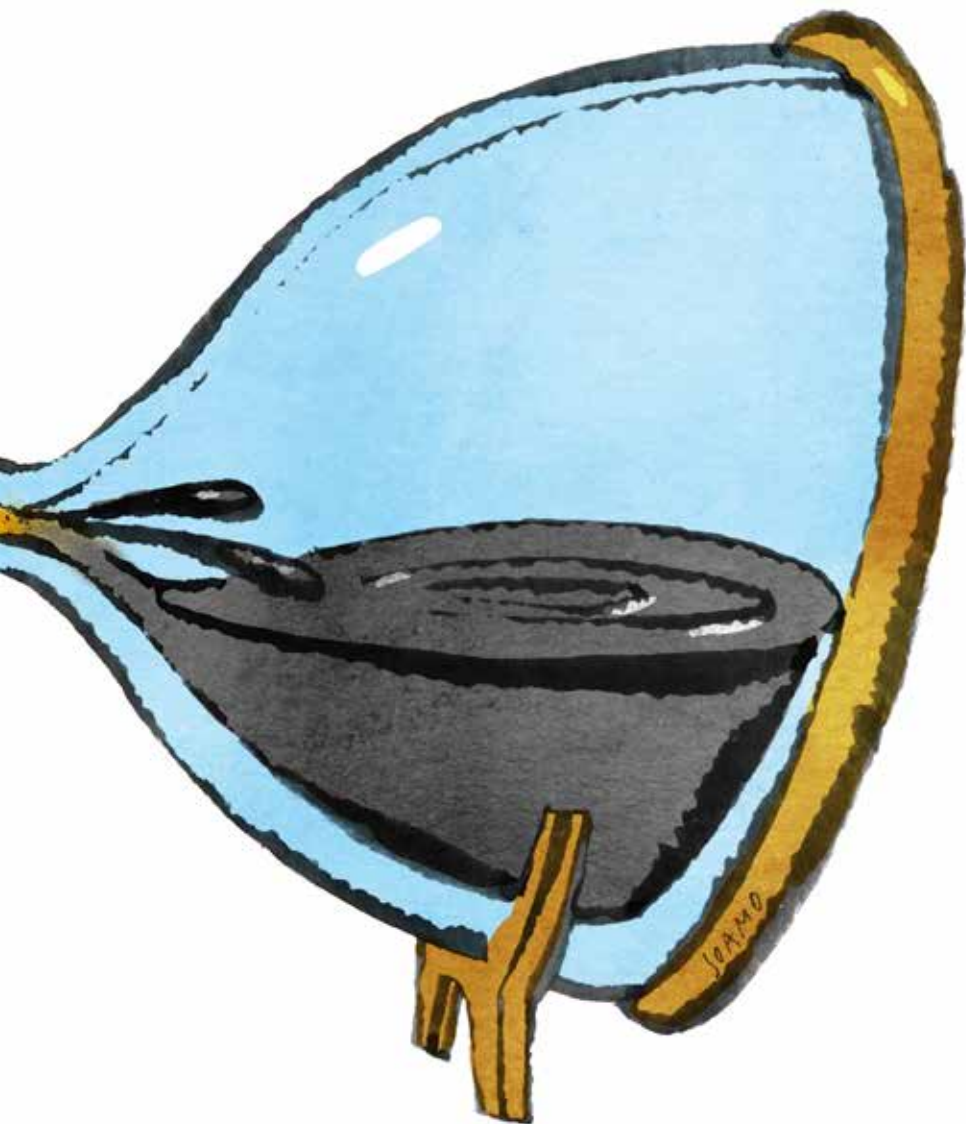
Разработка битуминозных песков стала рентабельной в начале двухтысячных, когда цена на нефть поднялась выше 30 долларов за баррель. Но какой ценой нам на самом деле обходится получение черного золота из грязи?

Президентская дилемма

В сентябре этого года президент США Барак Обама должен был принять решение о строительстве нефтепровода Keystone XL. Его проект разработала канадская компания «TransCanada» еще в 2008 году. Нефтепровод предназначался для доставки нефти, добытой в Канаде, с севера Соединенных Штатов на нефтеперерабатывающие заводы на берегу Мексиканского залива. (см. карту

на стр. 14) Проект казался весьма перспективным, ведь строительство такого большого трубопровода обеспечило бы десятки тысяч новых рабочих мест, а получение и переработка нефти из Канады, самого близкого и надежного союзника Соединенных Штатов, снизило бы цены на топливо и укрепило американскую экономическую безопасность. Пять лет проект находился в подвешенном состоянии, ждали президентского решения. Но прошел сентябрь, а решение, очевидное, по мнению многих, так и не было принято — в очередной раз отложили, теперь на первую половину 2014 года. Почему?

Вскоре после публикации проекта экологи обратили внимание на то, что будущий нефтепровод пройдет через



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

добывают нефть. Именно природа этих песков — причина всех тех экологических проблем, из-за которых президент Обама не решается одобрить проект нефтепровода. Чтобы понять, в чем заключаются эти проблемы и так ли они страшны, как утверждают экологи, нужно разобраться, что такое битуминозные пески и как из них добывают нефть.

Смола

Битуминозные пески — это один из видов горючих полезных ископаемых, альтернативный источник нефти. Они представляют собой смесь мокрого песка и глины, пропитанную битумом (вязким веществом, похожим на смолу). Согласно органической гипотезе происхождения нефти, любые виды горючих полезных ископаемых, будь то природный газ, нефть или битумы в песках Альберты, — это продукты преобразования погребенной глубоко в земле органики, которая давным-давно была растениями и животными. Разложение происходит при высоких давлениях и температурах, а также, что важно, без участия кислорода воздуха, которого нет в земных глубинах. Поэтому, в отличие от обычного гниения на поверхности земли, подземные процессы порождают углеводороды.

В зависимости от давления, температуры и времени, прошедшего с начала разложения, получающийся продукт может быть газом или нефтью различного состава, содержащей большие или меньшие количества примесей. Если нефть поднимается из глубин ближе к поверхности, она становится пищей для живущих в земле бактерий. Но так как бактерии питаются в основном легкими углеводородами, то нефть перерабатывается не вся. Лишившись большей части легких фракций, она становится более вязкой и цепляется за какие-нибудь сыпучие породы, расположенные недалеко от поверхности, пропитывает их и остается там. Так образуются битуминозные пески. Легко ошибиться, предположив, что битумы — это просто более густая, тяжелая нефть. На самом деле органические вещества, содержащиеся в них, отличаются по структуре, что хорошо видно на рисунке.

Сэндхиллз, ценную экосистему, состоящую из лесов и болот, а также прямо над водоносным горизонтом Огаллала, одним из крупнейших резервуаров пресной воды в мире. Они беспокоились, что из-за возможных разрывов нефтепровода и последующих разливов нефти может быть нанесен значительный ущерб экологии Сэндхиллз, но главное — нефть, попавшая в водоносный горизонт, может отравить огромные запасы питьевой воды. Поэтому в проект внесли значительные изменения. Длину нефтепровода уменьшили, маршрут проложили в обход областей Сэндхиллз, а расстояние, которое он проходил над горизонтом Огаллала, стало значительно меньше. К тому же многие специалисты, ознакомившись с новым проектом, за-

явили, что опасности для пресной воды нет, поскольку вероятность попадания разлившейся нефти в водоносный слой невелика, а если протечка и будет, то ее легко можно локализовать. Однако все это не решает главной проблемы, а она не в нефтепроводе. Главная проблема — в нефти, которую он должен будет транспортировать. В природе этой нефти, в том, откуда, а главное, как она добывается.

Нефть, которую собираются перекачивать с помощью нефтепровода Keystone XL, добывают на юго-западе Канады, в провинции Альберта. Однако в Альберте нет месторождений сырой нефти. Там есть только крупнейшие в мире запасы битуминозных песков, из которых канадские нефтяные компании

Обычная сырая нефть содержит несколько сотен различных веществ из классов алканов (предельные или насыщенные углеводороды), нафтенов и аренов. Мы видим, что структуры этих соединений довольно просты. Совсем другое дело — асфальтены, основной компонент битума. Один из его громоздких представителей показан на рисунке. Огромная молекула как будто постаралась вобрать в себя все, что есть в сырой нефти, на химическом языке — сконденсировать арены, нафтены, парафины и гетероциклические системы. Мало того что молекула велика сама по себе, так они еще связываются между собой с помощью серных мостиков, захватывают тяжелые металлы (ванадий и никель), образуя с ними комплексные соединения. Вот почему асфальтены настолько вязкие, что при обычной температуре становятся твердыми веществами. Для транспортировки по трубопроводу их пришлось бы разогревать до нескольких сотен градусов, а перерабатывать асфальтены намного труднее из-за сложной структуры и большого количества примесей, в первую очередь тяжелых металлов.

Триллионы баррелей смолы

Это хорошо объясняет, почему до последнего времени разработкой битуминозных песков почти никто не занимался, несмотря на то что запасы их в мире исчисляются сотнями миллиардов баррелей (1 баррель — 159 литров). По данным Международного совета по энергетике (WEC), в мире обнаружено около шестисот месторождений битуминозных песков, самые крупные

из которых располагаются в Канаде, Казахстане и России.

Более 70% этих запасов, почти 180 миллиардов баррелей, находятся в трех крупнейших месторождениях на юго-западе Канады, в Альберте. В этих месторождениях почти 10% всех мировых запасов нефти (они уступают по размерам только запасам сырой нефти в Саудовской Аравии), или 97% нефтяных запасов Канады и 75% нефтяных запасов всей Северной Америки. И это только те запасы, которые, по мнению исследователей, можно добыть, используя доступные сегодня технологии. Если же считать все пески в целом, то в битуминозных полях под Альбертой, которые занимают площадь, превышающую по размерам Англию, содержится почти два триллиона баррелей. А это уже сопоставимо по масштабам со всеми мировыми запасами сырой нефти, вместе взятыми.

В 2008 году более 40% всей нефти, добытой в Канаде, составляла нефть, полученная из битуминозных месторождений в Альберте. Сегодня эти три месторождения — Атабаска, Пис Ривер и Колд Лейк — единственные битуминозные пески, которые используют для получения синтетической сырой нефти.

В России залежи битуминозных пород находятся в Волго-Уральском бассейне, Восточной Сибири и Татарстане, но они труднодоступны, поэтому их не трогают. Поговаривают, что в ближайшее время могут начаться разработки битуминозных песков на месторождениях в Западном Казахстане. В них действительно много нефти — около 40 миллиардов баррелей. Однако вряд ли здесь смогут воспользоваться оработанными

канадскими технологиями, поскольку они требуют много воды, а в Казахстане с этим проблема.

Хорошо забытое старое

Можно подумать, что такие тяжелые в разработке полезные ископаемые стали использовать совсем недавно. Как ни странно, но битумы были первой разновидностью нефти в истории человечества, которой нашли практическое применение. Из месторождений тяжелых нефтей и битумов, выходящих к земной поверхности, как правило, по берегам рек, уже в давние времена научились извлекать «смолу» для герметизации кораблей, постройки домов, в Древнем Египте — для мумификации. А индейцы, веками жившие в Канаде в районе бассейна реки Атабаски, природными битумами смолили каноз.

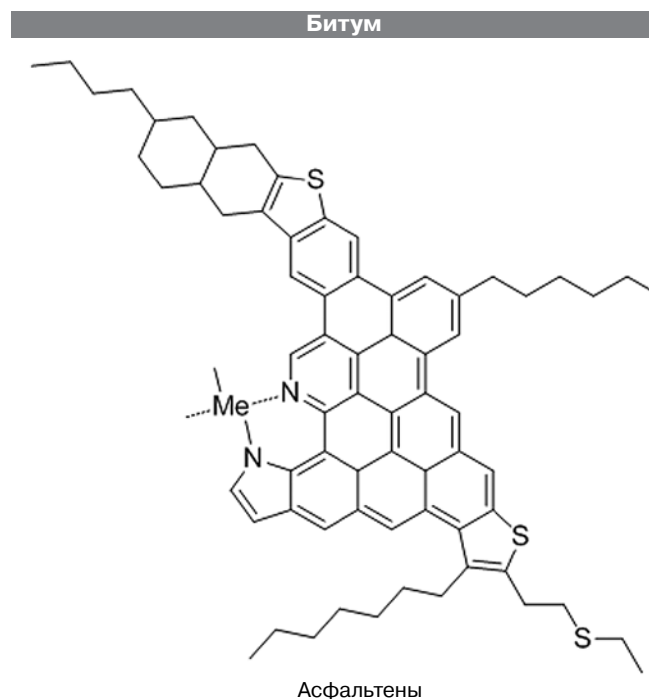
Но только в 1920-х годах Карл Кларк, химик из Университета Альберты, открыл, что с помощью пара можно отделить битумы от песка.

Первая корпорация, занимавшаяся добычей битумов в Альберте, была основана Робертом Фитцсиммонсом в 1927 году. Компании впервые удалось получить битумы в промышленных масштабах, закачивая в пески горячую воду. Однако в целом такие методы добычи все равно оказывались нерентабельными.

Планы по добыче нефти из битуминозных песков Альберты в масштабах, которые были бы значительными по сравнению с обычными источниками сырой нефти, начали разрабатывать в 1950-е годы. Тогда подсчитали, что такая добыча будет экономически выгодной,



Обычная нефть в основном состоит из углеводородов трех больших классов: парафиновых (алканы), нафтеновых (циклоалканы) и ароматических (арены) с довольно простыми и изящными молекулами. Вязкий и тяжелый битум — из асфальтенов с большими, громоздкими молекулами



если она превысит 20 тысяч баррелей в день. Планы были разными, вплоть до безумной идеи, предложенной в 1958 году корпорацией «Ричфилд Ойл», взорвать под землей девятикилотонную атомную бомбу. По их замыслу, взрыв должен был разжигать подземные залежи тяжелых углеводородов, мгновенно превратив месторождение в озеро нефти. Интересно, что проект восприняли вполне серьезно, даже провели испытательные подземные взрывы в пустыне Невада.

Тем не менее ни один из этих проектов не был реализован вплоть до середины семидесятых из-за политики канадского правительства — помогать производителям обычной нефти. Ее продажа внутри страны была ограничена низкими ценами на нефть, а появление альтернативного источника могло еще больше снизить их, пошатнув и так неустойчивый рынок канадской нефти. Разработку битуминозных песков в Канаде решили только в начале семидесятых, когда сменилось правительство, а цены на нефть так подскочили, что начали угрожать экономической безопасности страны. С тех пор эта отрасль развивалась с переменным успехом, в зависимости от государственной политики и мировых цен на нефть.

Новейшая стадия разработки битуминозных песков началась в 2003 году, когда после очередного падения цены на нефть вновь полезли в гору. К 2006 году добыча выросла до 1,13 миллиона баррелей в день, а к 2010-му до 1,6. Правительство Альберты предполагает, что она может достигнуть 3,5 миллиона баррелей в день к 2020 году и, возможно, 5 миллионов — к 2030-му.

Смола из песка

Обычную нефть добывают из-под земли, пробуравив скважину в нефтяном резервуаре, после чего нефть сама течет наружу, выталкиваемая давлением пластов. Когда нефть в этой природной емкости подходит к концу, приходится искусственно повышать давление, закачивая в нее воду или газ.

Поскольку битумы очень вязкие и тяжелые, сами по себе они не текут. Для их добычи применяют другие методы, главная цель которых — разжигать и отделить их от глины и песка.

Самым простым и изначально самым распространенным методом была открытая добыча. Битуминозные пески залегают на глубине 40—60 метров под слоем песка, глины и торфяников. Если срубить лес и снять верхний слой почвы, то песок вместе с битумами можно просто выкапывать. Сейчас это делают с помощью гигантских экскаваторов, за один раз зачерпывающих по 100 тонн песка, и самых

больших в мире карьерных грузовиков, перевозящих за один раз 400 тонн груза и стоящих по 5 миллионов (!) долларов каждый. На первой стадии переработки добытый песок разводят горячей водой со щелочью и получившуюся смесь прокачивают по трубопроводам на делительные установки. Там горячую смесь перемешивают в огромных чанах, продувая через нее воздух. Органика всплывает, образуя верхний слой, который затем снимают, чистят и сушат. Один баррель (в пересчете на вес — около одной восьмой тонны) такой нефти получается примерно из двух тонн битуминозного песка. Изначально из песка удавалось извлечь около 75% битумов, но благодаря новым технологиям в последние годы эта цифра превысила 90%.

Проблема в том, что с помощью открытой добычи удается разработать не более 10% битуминозных песков, до которых сегодня можно добраться. Чтобы добыть оставшиеся 90%, битумы из песков все равно придется так или иначе выкачивать через скважину, как обычную нефть. Но для этого надо заставить битум течь, сделать его жидким. Сегодня битум делают текучим с помощью горячего водяного пара. Первой промышленной технологией стал метод CSS (Cyclic Steam Stimulation). Пар при температуре выше 300°C в течение нескольких месяцев закачивают в скважину, потом еще несколько недель дают на прогрев скважины, после чего несколько месяцев можно выкачивать нефть. Потом процесс повторяют, пока он не перестанет быть прибыльным. Этот метод позволяет добывать до 25% процентов нефти, содержащейся в песке, но высокая стоимость закачиваемого пара — серьезный недостаток.

Следующей технологической ступенькой стал метод SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage), в котором закачивание пара и выкачивание разжиженных битумов соединены в один процесс. Бурят две горизонтальные скважины, одна примерно на пять метров выше другой. В верхнюю закачивают пар, который, выходя через отверстия в трубах, разжигает битумы. Они стекают вниз, в нижнюю скважину, откуда их и выкачивают. На одном месторождении десятки таких скважин могут расходиться от центральной шахты и тянуться на несколько километров в разные стороны. Этот метод дешевле, чем CSS, он обеспечивает высокую скорость добычи нефти и позволяет извлечь до 60% битумов, содержащихся в месторождении. Сейчас именно он приходит на смену открытой добыче, его используют наиболее широко.

Есть и другие экспериментальные методы, которые находятся в разработке. Например, на некоторых месторождениях вместо пара применяют органические



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

растворители, которые должны разжигать битумы, и тем самым экономят энергию на разогрев пара. Другие экспериментаторы пытаются использовать контролируемое подземное горение органики, содержащейся в песках: тепло от горения должно делать битумы жидкими и податливыми для насосов.

Впрочем, любой из этих методов на порядок сложнее простого выкачивания нефти из подземных резервуаров. Все они требуют дорогой техники, огромных количеств воды и химических реактивов для разжижения битумов, энергии на нагрев воды и пара, а также на уборку огромных количеств пустого песка и отработанной воды, остающихся после их отмытия. И это только начало.

Нефть из смолы

Битумы, отделенные от песков, — это черная вязкая тяжелая масса. Что с ней делать? Ее опять надо разжигать, смешивая с более легкими углеводородами, либо химически перерабатывать, получая синтетическую сырую нефть. Такая переработка необходима и для того, чтобы битумы можно было пускать на обычные нефтеперерабатывающие заводы. Эти предварительные манипуляции, называемые «апгрейдинг», состоят из трех стадий.

Сначала, на первой стадии, под вакуумом отделяют легкий газ и жидкие нефти от тяжелых асфальтеновых фракций. Газ используют в качестве топлива для следующих стадий апгрейдинга, а жидкие фракции сразу отправляют на очистку.

Оставшиеся тяжелые битумы с высоким содержанием асфальтенов поступают на стадию первичного апгрейдинга. Главная цель — расщепить тяжелые молекулы, в первую очередь полиароматические структуры асфальтенов, и повысить содержание водорода в жидких продуктах. Делают это с помощью коксования и каталитического гидрокрекинга. При коксовании тяжелые фракции нагревают без доступа кислорода до температуры около 500°C и под давлением около 6 атмосфер. В результате сложные молекулы распадаются на простые, которые в виде газов



Схема прокладки нефтепровода *Keystone XL* (показан пунктиром)

выходят из реактора, конденсируются и отправляются на третью стадию. Заодно разрушаются и комплексы тяжелых металлов, содержавшихся в асфальтенах. Еще один продукт коксования — это, разумеется, кокс (по сути, уголь, полученный из нефти). Продать его нельзя (в нем сидят тяжелые металлы), но его часто сжигают, чтобы нагревать реактор для коксования.

Каталитический гидрокрекинг — более тонкий метод разложения тяжелых фракций. Он позволяет получить больше ценных синтетических нефтей, но обходится дороже и более чувствителен к загрязнениям. При каталитическом гидрокрекинге тяжелые битумы реагируют с водородом при температуре около 400°C и давлении до 200 атмосфер. Этот метод не только расщепляет тяжелые молекулы, но еще и увеличивает количество водорода в получаемых продуктах, превращая ароматику в циклические насыщенные углеводороды. При гидрокрекинге не получается кокса, но остаточные тяжелые вещества иногда отправляют на коксование, объединяя оба метода для лучшей переработки.

В качестве катализаторов часто используют соединения молибдена в сочетании с кобальтом или никелем, нанесенные на пористые шарики из оксида алюминия или алюмосиликатов

и цеолитов. Чтобы поры катализатора лучше соответствовали размерам молекул перерабатываемых веществ, в оксид алюминия могут добавлять, например, оксид титана. Плохо то, что в битумах содержатся разные каталитические яды, соединения серы, азота и тяжелых металлов, которые парализуют катализатор. Вдобавок битумы разнятся от месторождения к месторождению по составу — в том числе и по составу ядов, поэтому в каждом случае надо подбирать индивидуальный катализатор. Понятно, что все это сложно. Однако исследования продолжаются, и, если правильно выбрать катализатор, стоимость апгрейдинга значительно снижается.

Последняя стадия апгрейдинга, или вторичный апгрейдинг — каталитическая гидроочистка полученных легких фракций от соединений серы и азота, ненужных и вредных. Она в принципе похожа на гидрокрекинг, с тем только отличием, что соединения серы и азота, зачастую на тех же кобальт-молибденовых катализаторах, но при чуть менее высоких температурах и давлениях, восстанавливаются до сероводорода и аммиака.

Наконец, полученные газы разделяют, конденсируют и получившиеся жидкие нефтяные фракции отправляют по трубопроводам на обычные нефтеперерабатывающие заводы.

Выходы при апгрейдинге разнятся в зависимости от применяемых методов от 80% (компания «Suncor», метод замедленного коксования) до 90% (завод «Albian Sands» в Скотфорде, метод гидрокрекинга). Однако, учитывая энергетическую составляющую, потери оказываются еще больше. Если при добыче и апгрейдинге битумов для нагрева использовать природный газ, то для получения одного барреля синтетической нефти нужно сжечь объем газа, энергетически эквивалентный примерно 20% этого барреля. А если при добыче битумов сжигать эти же самые битумы, на это расходуется до 35% добываемой энергии. В результате на пути от грязного песка до высококачественной нефти может теряться почти половина вещества.

Тем не менее это не останавливает канадские компании, занимающиеся разработкой битуминозных песков. Ведь после всех стадий добычи, очистки и обработки, после потерь вещества и энергии себестоимость барреля синтетической нефти, произведенной в Канаде, все равно оказывается не больше 30—40 долларов. А это примерно в три раза меньше сегодняшних цен на нефть.

Вот только эта себестоимость не учитывает цену, которую приходится платить земле, из которой добывают нефть, воде и воздуху, с помощью которых это делают, растениям и животным, случайно оказавшимся в неудачном месте в неудачное время. Цену, которую придется платить и человеку. Каждый из описанных выше методов разработки битуминозных песков на деле оказывается намного дороже, чем кажется на первый взгляд. С другой стороны, ничто не мешает нам самим оценить, какова же на самом деле себестоимость барреля синтетической канадской нефти.

Обратная сторона медали

Самый старый, самый простой и, наверное, самый грязный способ добраться до битуминозной нефти — метод открытой добычи. Сотни квадратных километров битумных карьеров появляются на месте девственных канадских лесов. В 2006 году их площадь составляла 420 км², но с тех пор прошло уже семь лет, а темпы добычи битумов только возросли. К 2030 году, когда канадское правительство собирается утроить добычу битуминозной нефти, их площади будут измеряться уже тысячами квадратных километров. Учитывая проблемы человечества с избытком углекислого газа в атмосфере, мы не можем позволить себе с такой скоростью уничтожать природный механизм, уменьшающий содержание CO₂ в воздухе.

Конечно, любой представитель любой нефтедобывающей канадской компании скажет, что компания подписывается под обязательством восстановить все экосистемы, которые окажутся разрушенными в процессе разработки, после того, как карьер будет выработан. И это правда, только, как часто случается, обещания резко расходятся с реальностью. Нефтяники говорят, что восстановили около 20% разработанных земель, а экологи утверждают, что нефтяники на самом деле восстановили только 0,2%. Даже по официальным данным, задолженность нефтедобывающих компаний на восстановление земель составляла 15 миллиардов долларов в 2008 году и со временем только увеличивалась.

Но дело не только в этом. Восстановленные земли даже отдаленно не похожи на вековую тайгу, которой были до того, как их начали разрабатывать. По сути, «восстановление земель», которым занимаются нефтяники, заключается просто в том, что землей, выкопанной на новом карьере, засыпают старый карьер, а сверху сажают траву, чтобы придать этому месту презентабельный вид. Сколько тысяч лет понадобится для того, чтобы на такой земле снова вырос лес, затрудняются сказать даже ученые.

И это лишь половина проблемы. Для очистки одного барреля битумов, добытых открытым способом, необходим в два—четыре раза больший объем воды. Канадские битуминозные пески потребляют 350 миллионов кубометров воды в год, что в два раза превышает потребности такого города, как Калгари (крупнейший город Альберты, население около миллиона человек). Несмотря на попытки утилизации, почти вся использованная вода, загрязненная глиной, песком, органикой и тяжелыми металлами, остается в отработанном карьере в виде отравленных прудов, площадь которых к 2011 году составила уже больше 170 км². Что делать с этими прудами, не знает никто. По прикидкам ученых, на выведение из воды одних только органических токсинов может понадобиться несколько сотен лет.

Новые методы, такие, как SAGD, позволяют утилизировать до 95% использованной воды и на порядок уменьшают ее расход, но закачка под землю перегретого пара требует много энергии, а это, в свою очередь, увеличивает выбросы парниковых газов в атмосферу. Другой источник выбросов CO₂ — процесс аггрейдинга битумов до синтетической нефти, в котором сжигание газа или битумов необходимо для нагрева реакторов. По данным различных исследований, при разработке битуминозных песков в атмосферу выбрасывается примерно на 20% больше углекислого газа, чем при добыче обычной нефти.

«Гринпис» называет битуминозные пески Альберты главным в Канаде источником парниковых газов, выбрасываемым в год около 40 миллионов тонн CO₂. К 2015 году эта цифра составит уже почти 70 миллионов тонн.

Правительство Альберты в 2008 году пообещало выделить 2 миллиарда долларов на разработку технологии, позволяющей закачивать углекислый газ в подземные резервуары. Но установки, созданные для этого, сами работают на том же природном газе, выбрасывая в атмосферу CO₂ и снижая собственную эффективность. А кроме того, неизвестно, можно ли удерживать газ под землей надолго, или же велика вероятность, что через неопределенное время он вырвется из своей подземной тюрьмы. И наконец, построенные сегодня в Канаде установки слишком слабые, их мощности не хватает на то, чтобы исправить ситуацию.

Парниковыми газами проблемы не ограничиваются. Закачивание перегретого пара под землю вымывает из нее опасные органические вещества, которые потом попадают в грунтовые воды, родники и реки. А при гидроочистке в воздух выбрасывают такие ядовитые газы, как сероводород и аммиак. Недавние исследования показывают, что в районе бассейна реки Атабаски, а также в других районах, расположенных близко к местам добычи и переработки битумов, учащаются мутации рыб, отравление диких животных, а также различные заболевания, в том числе и онкологические, у людей.

Цена вопроса

Подсчитать, в какую сумму на самом деле обошлась бы добыча битуминозных песков, если бы нефтяные компании действительно пытались свести к нулю вред, причиняемый окружающей среде, довольно сложно. Хотя бы потому, что некоторых технологий, таких, как, например, очистка прудов с отработанной водой, пока не существует. Но можно попытаться прикинуть порядок величины.

Так как долг нефтяных компаний по восстановлению лесов за последние десять лет активной разработки битумов уже составляет более 15 миллиардов долларов, только на обычное закапывание карьеров нужно будет не меньше 2 миллиардов в год. Восстановление лесов обойдется, наверное, еще дороже — как минимум 5 миллиардов в год. На очистку сточных вод обычный нефтеперерабатывающий завод тратит около 2,5 долларов на кубометр воды. Учитывая объемы воды, потребляемой в Альберте, это будет около миллиарда в год. Но проблема в том, что водоочистительные сооружения нужно будет стро-



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

ить в канадской тайге, да и очищаемая вода намного грязнее, чем на обычных нефтеперерабатывающих заводах, поэтому стоить это будет, наверное, раз в пять дороже, то есть еще 5 миллиардов. Убрать под землю тонну CO₂ стоит около 200 долларов. При нынешних выбросах больше 60 миллионов тонн, да еще учитывая дополнительные выбросы, которые появятся, если построить в тайге несколько десятков заводов по очистке воды и воздуха, можно смело назвать цифру в 100 миллионов тонн. А это еще 20 миллиардов долларов. Добавим к этому 5 миллиардов в год на постройку этих заводов и еще около 10 миллиардов на очистку грунтовых вод от органики, а воздуха — от сероводорода и аммиака. В сумме затраты на все эти природоохранные мероприятия составят около 45 миллиардов долларов в год.

Теперь можно посчитать себестоимость барреля, исходя из объемов производства на тот момент, когда приведенные нами цифры были актуальны. Это примерно начало 2010-х годов, когда добыча синтетической нефти в Альберте составляла около 1,6 миллиона баррелей в день. В год это составляет 584 миллиона баррелей. Значит, расходы на природоохранные мероприятия добавляются к цене каждого барреля 77 долларов. Если учесть, что себестоимость добычи синтетической нефти сегодня 30—35 долларов за баррель, то его цена с учетом природоохранных мероприятий будет около 110 долларов.

Как ни странно, но это не такая уж огромная цифра. Она говорит о том, что экологически чистая разработка битуминозных песков возможна. К сожалению, она также говорит и о том, что в этом случае ради экологии нефтяникам придется пожертвовать практически всей своей прибылью. Случится ли это когда-нибудь? Каждый сам может ответить на этот вопрос. Нам же остается только надеяться, что добыча полезных ископаемых по принципу «после нас хоть потоп» утратит со временем свою популярность, а погоня за сиюминутной прибылью уступит место пониманию того, какой ценой эта прибыль дается человечеству.



**Рецепт
хорошего
молока**

*Корову надо кор-
мить свежей тра-
вой.*

Агентство
«AlphaGalileo»,
20 ноября 2013 года

Животноводы издавна пытались повысить жирность молока, однако теперь им нужно еще сделать так, чтобы жир этот был полезнее, ведь он состоит из молекул двух типов: с насыщенными связями между атомами углерода и ненасыщенными. Молочные железы коров сами по себе вырабатывают как раз насыщенные жиры, предшественники же ненасыщенных могут попасть в железы только из пищи, пройдя по пищеварительному тракту. А для человека ненасыщенные кислоты, прежде всего олеиновая (омега-9) и альфа-линоленовая (омега-3), — самые полезные.

Финская исследовательница Анни Хальмемис-Буше-Филлэ из Хельсинкского университета проверила, какой рацион коров сильнее всего увеличивает долю ненасыщенных кислот в молоке. Оказалось, что это свежая трава; сено, как и силос, дают таких кислот мало. Есть одно исключение: если силос сделать из красного клевера, качество молока улучшится. Еще можно просто добавить в силос растительные масла: коров это не отпугивает, а ненасыщенных кислот в молоке становится больше.

**Правила
кибервойны**

*Пора принять
конвенцию, ре-
гламентирующую
войны в киберпро-
странстве.*

«IEEE Spectrum», 27
ноября 2013, [http://
spectrum.ieee.org/
telecom/security/
its-time-to-write-the-
rules-of-cyberwar](http://spectrum.ieee.org/telecom/security/its-time-to-write-the-rules-of-cyberwar)

Считается, что кибервойны начались в 2007 году, когда правительственные серверы Эстонии вышли из строя во время пограничного спора с РФ. С тех пор мир пережил не один конфликт: США и КНР по несколько раз в год обвиняют друг друга в незаконном проникновении боевых киберподразделений в закрытые компьютерные сети с целью шпионажа или выведения их из строя. Неизвестные партизаны время от времени вывешивают на американских сайтах сводки боев сирийской армии с повстанцами, содержащие нужные для первых сведения. Бывают случаи и пострашнее: получила известность история с проникновением вируса в компьютерную сеть управления атомными объектами Ирана, в чем были обвинены спецслужбы США и Израиля. Это заставляет здравомыслящих людей насторожиться: сбои в таких системах чреваты серьезными последствиями, в том числе и для мирного населения. А оно подлежит защите даже в ходе обычных войн, что установлено Женевской и Гаагской конвенциями; их нарушение способно перевести виновных в ранг военных преступников, и это в какой-то мере сдерживает уровень насилия во время вооруженных конфликтов. Подобную конвенцию пора бы принять и в отношении кибервойн, считает Карл Раухер, директор Международной инициативы по кибернетической безопасности при Институте Востока-Запада.

А мы от себя добавим: создание и применение боевых роботов тоже нуждается в срочной международной регламентации.

Ген брата

*Возможно, европей-
цы унаследовали от
неандертальцев до-
полнительные воз-
можности иммунной
системы.*

«Journal of Biological
Chemistry»,
doi: 10.1074/jbc.
M113.515767

Важный компонент иммунной системы человека — белки HLA класса II: это рецепторы лимфоцитов, которые связывают фрагменты чужеродных белков и предъявляют их другим клеткам иммунной системы, чтобы организовать расправу с чужаком. До сих пор считалось, что все эти рецепторы делятся на три семейства. Группа профессора Норберта Коха из Боннского университета нашла четвертое — рецепторы, состоящие из субъединиц, которые принадлежат к двум разным семействам, известным ранее. Таким образом повышается разнообразие рецепторов и соответственно возможности иммунитета.

Но самое интересное — образование таких «гибридных» рецепторов вероятно в тех случаях, если участок гена одной из субъединиц похож на соответствующий участок в геноме неандертальца. Ученые обнаружили такие участки у двух третей современных европейцев (и в том числе у самого профессора Коха). А вот у жителей Южной Африки, колыбели современного человечества, это редкость. Видимо, наши предки скрещивались с неандертальцами, в отличие от оставшихся на юге родственников, и позаимствовали у северных кузенов полезные особенности иммунной системы.

**Белок
тираннозавра**

*Гемоглобин защи-
тил древние ткани
от разложения.*

Агентство
«NewsWise»,
27 ноября 2013 года

В 2007 году Мэри Швейцер из Музея естественной истории Северной Каролины сделала удивительное открытие — нашла фрагмент мягких тканей тираннозавра с неразложившимися белками. С тех пор она билась над вопросом: как же эти ткани сумели сохраниться? И вот наконец-то ей удалось построить неплохую гипотезу, главное место в которой занимает железо.

Этот элемент обладает двумя интересными для закрепления тканей свойствами. Во-первых, он охотно соединяется с кислородом. Во-вторых, его много в крови: при гибели эритроцитов после смерти животного в ней появляется изрядно свободного гемоглобина. Облепив фрагмент мягкой ткани, эти молекулы могут сыграть роль оболочки, защищающей его от окисления.

В контрольном опыте Мэри Швейцер намазала извлеченным из крови гемоглобином фрагменты сосудов современного страуса и такие же фрагменты залила водой. С первыми за два года ничего не случилось, а вторые разложились за неделю.

Железо может служить не только закрепителем: оно не позволяет выявить фрагменты мягких тканей в окаменелостях. Оболочка препятствует реакции антител с ископаемыми белками, а это и есть метод их обнаружения. Теперь палеонтологам при изучении останков ящеров, видимо, придется отмывать их от железа. И кто знает, вдруг им повезет найти облепленный железом неповрежденный эритроцит? Дело в том, что у ближайших родственников динозавров — крокодилов и птиц — в этих клетках есть ядро и ДНК, а значит, из эритроцита динозавра, по идее, можно извлечь информацию, необходимую для ретрогенетических опытов.

Ткань из дерева

Создан экологически чистый метод получения текстильного волокна из древесины.

Текстильные волокна из древесины научились делать давно, они называются вискозой, или искусственным шелком. Процесс получения вискозы довольно грязен: сначала древесную целлюлозу обрабатывают едким натром, причем из-за образования сероводорода процесс проводят в герметичных реакторах, а затем заливают азотной кислотой. Исследователи из университета Аальто (Финляндия) во главе с Михаэлем Хюммелем придумали гораздо менее грязный способ. Они взяли у профессора Хельсинкского университета Илкки Килпелайнена специально подобранные ионные жидкости. Эти вещества, использование которых в самых разных областях химии растёт очень быстро, способны растворять целлюлозу при нагревании без разрушения полимера, причем растворение обратимо. Кстати, как показал в 2007 году А.В.Кириллин, учившийся в то время в РХТУ им. Д.И.Менделеева и университете Турку, ультразвук существенно ускоряет растворение целлюлозы.

Волокна, полученные финскими исследователями, оказались гораздо длиннее и прочнее вискозных, и, как подтвердили ткачи, работать с ними легко. Грязи же от их производства немного. Финские химики предполагают, что целлюлоза их безбрежных лесов станет неплохой заменой дефицитному хлопку.



Агентство
«AlphaGalileo»,
27 ноября 2013 года

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

Нашествие

Мировая торговля и изменение климата привели к появлению новых вредителей.

Примерно двадцать лет тому назад европейские вяза стали страдать от так называемой голландской болезни: поселившийся на дереве грибок за несколько лет уничтожает его в самом расцвете сил. Эта болезнь бушует и в России: многочисленные ветви с засохшими листьями, тянущиеся в середине лета из зеленой кроны дерева, — верный ее признак. В этом году схожая напасть поразила и ясени. В Европейской части РФ свирепствует жук-типограф (см. «Химия и жизнь», 2013, № 8), за год уничтожающий столетние ели. И на полях ожидается нашествие новых вредителей.

По мнению авторов обзоров, указанных в подзаголовке, причина у этих явлений одна — неготовность соответствующих служб к борьбе с вредителями: те появляются не сами по себе, а вследствие нарушений карантинных мер при дальних перемещениях продукции. Ну и конечно, глобальное потепление играет свою роль. При этом если в южных районах ожидается просто большее, чем обычно, количество вредителей, то в северо-восточных изменения будут качественные: появятся и обживутся прежде неведомые в этих местах теплолюбивые пришельцы. Выработать научно-обоснованные методы борьбы с ними поможет тщательное изучение их нравов.

«Science», 2013, 342, 6160; doi: 10.1126/science.1235773
«Diversity & Distributions», 9 ноября 2013; doi: 10.1111/ddi.12149

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

Игры и ВВП

Россия прочтет четвертое место на Олимпиаде в Сочи.

По мнению профессора Центра экономики Сорбонны Владимира Андреева, успехи национальных команд на Зимних олимпийских играх всецело зависят от ВВП страны в расчете на душу населения. В общем-то это и неудивительно — профессиональный спорт требует больших затрат, которые может себе позволить только богатая страна. Построив зависимость результатов от ВВП за период с 1964 по 2010 год, он рассчитал, что в 2014 году первые три места займут команды США, Германии и Канады. Команда РФ окажется на четвертом месте, а КНР — не ниже, чем на девятом. Почему не ниже? Потому что темпы развития этой страны столь велики, что ее реальный ВВП может быть выше декларируемого.

Что ж, до Олимпиады осталось немного, скоро мы узнаем, удалось ли французскому экономисту поверить алгеброй спортивную удачу. А заодно и каков наш реальный ВВП.

«International Journal of Economic Policy in Emerging Economies», 2013, 6, 314—340

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

Зарядник для тела

Создано устройство для подзарядки батареек устройств, вживленных в тело.

В тело человека уже сегодня умеют вживлять много устройств медицинского назначения; они лечат и хроническую боль, и болезнь Паркинсона, и аритмию, помогают бороться с нервными и мышечными расстройствами. И все нуждаются в источнике энергии. Для этого служат батарейки, которые, естественно, по мере исчерпания заряда надо менять. То есть делать операцию, что требует и денег, и может вызывать осложнения.

Американские инженеры из компании «Piezo Energy Technologies» во главе с Леоном Раджиемским предложили новое решение — пьезоэлектрический генератор. Его вживляют вместе с литий-ионным аккумулятором. При необходимости пациент включает в розетку источник ультразвука и направляет его на место вживления генератора. Ультразвук, проникая на несколько сантиметров в глубину тела, активирует генератор, и тот начинает заряжать батарейку, а после зарядки отключает источник звука. Опыты на свиньях показали, что эта технология надежна и безопасна даже при многочасовом озвучивании. Есть мнение, что ультразвуком можно передать больше мощности, нежели с помощью придуманных ранее электромагнитных зарядных устройств.

Агентство
«NewsWise»,
27 ноября 2013 года



Само— воспроизводство вещей

Кандидат экономических наук

А.Ю.Чернов

Финансовый университет
при Правительстве РФ,
chernovau@list.ru

Крах автоматизации

Российская экономика и наука находятся в долголетнем кризисе. Однако не только они, в мировой науке тоже застой. Уже 40 лет нет революционных достижений в химии, физике, энергетике, авиации, космонавтике, машиностроении, сельском хозяйстве и других отраслях, несмотря на то что сейчас в год на науку и технику в мире тратится астрономическая сумма — 1,4 трлн. долларов, почти как ВВП России (подробно автор анализировал эти процессы в статьях в журнале «ЭКО», 2006, № 4 и 2010, № 6). За последние десять лет в мире израсходовали на исследования и разработки более 10 трлн. долларов, а создан только один новый массовый коммерческий продукт — планшет и, может, еще что-то по мелочи. После энергетического кризиса 1972 года огромные средства были вложены в поиск новых источников энергии для замены ископаемого топлива, но безрезультатно: доля возобновляемых источников — гидро-, ветро-, геотермальной — сократилась с 23,6% в 1970 году до 17,5% в 2000-м и лишь чуть-чуть возросла к 2011 году (до 18,7%). Одно время прогресс связывали с повальной автоматизацией. Однако основные ее средства появились очень

давно: ЭВМ — 65 лет назад, роботы — 50 лет, станки с числовым программным управлением (ЧПУ) — 55 лет, гибкие производственные системы — 45 лет назад, но автоматизация до сих пор носит фрагментарный характер. Более того, наметилась тенденция к снижению ее уровня. Так, парк роботов мира вырос с 1970 по 1980 год в 28 раз, с 1981 по 1990-й — в 22 раза, с 1991 по 2000-й — в три раза, с 2001 по 2008-й — только на 20%, а у лидера роботостроения, Японии он сокращается с 2000 года.

Основные причины кроются прежде всего в том, что современная экономика не приспособлена к сплошной автоматизации. Во-первых, новые гибкие средства значительно дороже средств производства с ручным трудом, что не всегда обеспечивает их быструю окупаемость, сохранение рентабельности и доходности капиталов на уровне неавтоматизированных производств. Во-вторых, в условиях циклических спадов производства высокоавтоматизированные предприятия приносят владельцам большие убытков: дорогостоящее оборудование нельзя «сократить», как рабочих, и капитал, вложенный в это оборудование, омертвляется, не принося дохода. В-третьих, даже самые гибкие средства автоматизации не могут конкурировать по гибкости с работником в постоянно меняющейся непредсказуемой конъюнктуре рыночного хозяйства: при освоении новой продукции часто бывает выгоднее нанять новых рабочих или переобучить прежних. В-четвертых, внедрение средств автоматизации на действующих предприятиях сокращает число рабочих мест или замедляет их рост, а это вызывает сильное сопротивление рабочих и профсоюзов. В-пятых, серьезным препятствием на пути внедрения средств автоматизации оказывается дешевая армия труда в слаборазвитых странах.

Робот делает робота

Преодолеть эти недостатки современной экономики возможно только внедрением принципиально новых подходов. Одно из решений подсказывает живая природа, которую в известном смысле можно рассматривать как своего рода производственную систему. Каждая живая клетка состоит из десятков тысяч сборочных станков (рибосом), транспортных машин,

энергетических установок (митохондрии) и управляющей машины с программами (ДНК и РНК). Они в автоматическом режиме, с помощью белков, построенных согласно программам, извлекают из окружающей среды нужные вещества, синтезируют то, чего им не хватает, и собирают дочернюю клетку с фантастической скоростью, а при необходимости начинают вырабатывать другую «продукцию». Все эти самовоспроизводящиеся машины устойчиво работают миллионы лет. Почему бы человеческой цивилизации не последовать примеру биообъектов?

Впервые в научном мире возможности создания систем, которые сами себя воспроизводят, исследовал в конце 40-х годов Джон фон Нейман в работе, которую так и назвал: «Теория самовоспроизводящихся автоматов». Большое исследование по этой теме было проведено летом 1980 года под эгидой НАСА и Американского общества технического образования в Калифорнийском университете Санта-Клары, причем разрабатывался даже проект лунного самовоспроизводящегося комплекса.

В промышленности уже в 80-е годы XX века частично были реализованы элементы таких систем: ведущие автомобилестроительные компании поручили роботам почти всю сварку кузова автомобиля и до 40% сборочных операций. В 1981 году японская компания «Фудзицу фанук», специализирующаяся на производстве промышленных роботов, создала завод-автомат в Фудзи, где без участия рабочих станки с ЧПУ изготавливали детали роботов и станков, а в 1982 году — другой завод-автомат по изготовлению электродвигателей и сборки их роботами. В ИМП им. М.В.Келдыша АН СССР прошли успешные опыты по сборке масляного насоса из 17 деталей двумя роботами УЭМ-2 под управлением ЭВМ М6000 с быстродействием до 2 млн. оп/сек (у среднего ноутбука оно сейчас в 1000 раз выше!). В 80-е годы роботы на заводе калифорнийской компании «Некст» во Фримонте выполняли всю работу от монтажа печатных плат до сборки готовых компьютеров, в Японии был создан небольшой роботизированный литейный цех, в Японии эксплуатировались роботизированные краны и роботы для укладки арматуры, бетона, кирпича в строительстве. В московском Институте химических реактивов и особо чистых веществ в 1987 году была создана управляемая ЭВМ автоматизированная установка «Протон» для производства любых малотоннажных химикатов на переналаживаемых восьми блоках-модулях. Она занимала всего 20 кв. м. С 1990 года роботы собирали отдельные узлы роботов на заводе компании «Якусава электроник» на острове Кюсю. С 1983 года стала внедряться спутниковая навигация движения автомобилей, тракторов, других транспортных средств, позволяющая в принципе обойтись без водителя (ее развитие искусственно сдерживалось, пока в 2000 году Билл Клинтон не снял ограничения на точность определения координат гражданскими лицами). В 1984 году в городе Цуруба (Япония) прошли испытания экспериментального мини-завода-автомата, изготавливающего из металлического порошка различные готовые машины весом до 500 кг с помощью прессов, нескольких станков и роботов и почти без участия людей.

В 80-е годы XX века также возникли технологические приемы изготовления деталей микроботов (см. «Химию и жизнь», 1998, № 12 — *Примеч. ред.*). Например, в Массачусетском технологическом институте методами полупроводниковых производств изготовили из кремния воздушную турбину с ротором диаметром до 240 мкм (делает 15 тыс. об/мин), зубчатую передачу с тремя шестернями диаметром в несколько сот микрон, захват, состоящий из двух кулачков и зубчатого ползуна, и даже действующие миниатюрные электродвигатели с ротором диаметром 100 мкм. В Сандийской национальной лаборатории Минэнерго США аналогичными методами создана из кремния микропаровая машина (площадь поршня — 12 мкм², его ход — 20 мкм). Подобные детали должны были продемонстрировать возможность создания микромеханизмов.



Но с тех пор прошло почти 30 лет. За это время быстрое действие бытовых компьютеров возросло в миллион раз, а суперЭВМ — в 20 млн. раз. Разрешение цифровых фотокамер достигло разрешения человеческого глаза (100 млн. пикселей), появились совершенные компьютерные программы проектирования деталей, машин, электронных схем с прямой передачей для изготовления на станки с ЧПУ, трехмерные принтеры и так далее. Появилась печатная электроника — возможность распечатывать электронные изделия на специальном принтере, прямо в собранном виде, со всеми деталями. Распространилась технология микроэлектромеханических систем (МЭМС), когда методами микроэлектроники изготавливают различные датчики, гироскопы, микродозаторы и другие механические изделия, опять-таки в готовом собранном виде. Однако намечившаяся было деятельность по созданию самовоспроизводящихся автоматизированных систем почти сошла на нет.

Мир САС

Но давайте посмотрим, какое будущее в результате может быть утрачено. Самовоспроизводящиеся автоматические системы (САС) — установки, где роботы осуществляют весь процесс от получения первичных материалов до конечного изделия, — могли бы быть наземными (стационарными или на мобильной платформе) или плавучими (синтез современного плавучего дока и судна-мастерской). Для обеспечения устойчивости источником энергии должны служить солнечная, ветровая, волновая электростанции или биомасса, в том числе культивируемая самой системой. Основные конструкционные материалы — железо, алюминий, керамика, стекло — могут быть выделены из повсеместно распространенной глины и горных пород с помощью различных химических процессов, органические соединения — получены синтезом из водорода и окиси углерода, источниками которых будут вода, углекислый газ или та же биомасса. САС должна быть оснащена несколькими сборочными и транспортными роботами с системами технического зрения, роботизированным краном, многоцелевыми станками с ЧПУ, электропечами для литья и термообработки материалов, прессом, химическим реактором, энергоустановкой и мелким дополнительным оборудованием. Возможно применение принципиально новых технологий по «выращиванию» готовых деталей, узлов и машин методами гальванопластики или с помощью трехмерных принтеров. Оборудование должно быть спроектировано под автоматическую сборку и монтаж, с максимальной заменой дефицитных материалов на общедоступные. Для повышения надежности работы все оборудование следует продублировать и разместить вдоль одного общего транспортного прохода. Если какое-то оборудование на одной половине САС вышло из строя, вторая половина используется для его восстановления — ремонта или изготовления копии.

Конструкции САС станут развиваться постепенно. Сначала они будут обеспечиваться со стороны дефицитными материалами и узлами (например, подшипниками, микросхемами). В дальнейшем для их изготовления в каждую САС будет встроено специальное оборудование или созданы ускорен-

циализированные САС для снабжения остальных. На первых САС неизбежно использование персонала для ремонта оборудования, монтажа и сборки наиболее сложных узлов. Затем по мере роста надежности САС начнется переход к вахтовому обслуживанию и, наконец, к работе без участия человека.

Главное достоинство САС — быстрый рост производственного потенциала. Расчеты показывают, что при современном уровне развития техники и технологии можно добиться двухлетнего цикла самовоспроизводства САС. При таком показателе эффективности нужно будет всего один раз создать универсальную материнскую САС, которая поначалу займется самовоспроизводством, а потом дочерние САС начнут выработку товарной продукции. Одна САС за 20 лет может создать свыше тысячи дочерних САС, за 40 лет — свыше 1 миллиона, за 60 лет — свыше 1 миллиарда. Объективно, рост ограничен только энергосырьевой базой, которая для САС в тысячи раз превосходит современный объем мирового материального производства.

Успешное применение САС в земных условиях, возможно, откроет перспективы освоения космических ресурсов. Одна САС, посланная на Луну, астероиды или другие космические тела, создаст колонии дочерних САС, которые затем можно переключить на выпуск потребительских товаров и средств доставки их на Землю. Производственные возможности космической системы практически безграничны. Так, при двухлетнем периоде самовоспроизводства САС (допустим, массой в 1—10 тонн) всего за век способна переработать всю массу астероидов и малых планет — $1,8 \times 10^{18}$ тонн, дав порядка 100 млн. тонн различных изделий и материалов в расчете на одного жителя Земли. Если бы не ограничения по энергии, плотности размещения и расстоянию, то одна исходная материнская САС за полтора века могла бы переработать массу всех планет Солнечной системы, а за три — объем, равный массе Вселенной.

Но развитие САС — не самоцель, а лишь средство для последующего развертывания крупномасштабного производства необходимых товаров бытового и производственного назначения, в первую очередь электроэнергии, металлоконструкций, жидкого топлива, производственной и бытовой техники, домов и так далее. САС после самооснащения дополнительным оборудованием будет выпускать одежду, обувь и даже продукты питания, выращенные на мини-ферме. САС могут находиться во владении отдельных городов, сел и даже семей, бескровно реализуя мечту «каждому по потребностям». САС освободит человека от необходимости трудиться ради куска хлеба; люди смогут заниматься самореализацией, культурным и духовным развитием, улучшится экологическая обстановка за счет расщепления производства и населения, увеличится продолжительность жизни в результате роста благосостояния и распространения медицинских технологий, многие научные эксперименты и технические проекты, не реализованные из-за нехватки средств, будут осуществлены. Наземные САС станут орудием реконструкции неудобных для жизни людей районов Земли (тундры, болот, пустынь). Плавающие САС и созданные ими понтоны превратят часть поверхности морей и океанов в пригодную для жизни среду в виде сети плавучих островов.

План действий

Теперь перейдем от фантазий к прозе жизни. Когда-то С.П.Королев начинал свои опыты, используя в качестве ракетного двигателя паяльную лампу, и создал знаменитую ракету Р-7 практически без использования ЭВМ за четыре года, силами нескольких сотен конструкторов и проектировщиков. Для работ по САС стартовые условия намного лучше. Серийно выпускается практически все необходимое оборудование: роботы, станки с ЧПУ, автоматические линии, компьютеры, установки альтернативной энергетики. К услугам исследователя — персональный компьютер с быстродействием до 3—4 млрд. оп/сек (это больше, чем быстродействие всех 48

тысяч ЭВМ США в 1969 году, когда американцы полетели на Луну), веб-камеры с разрешающей способностью выше, чем системы технического зрения, применявшиеся в 70—80-е годы в роботизированной сборке сложных изделий, шаговые двигатели для самодельных роботов и станков, в розничной продаже есть настольные металлорежущие станки любых типов, трехмерные принтеры, а главное — есть Интернет, с помощью которого можно найти и заказать любое оборудование для опытов по САС, получить быстрый доступ к любой технической литературе и интересующей информации, найти единомышленников и общаться с другими разработчиками САС. Можно даже воспользоваться трудом автора статьи, который в 1994 году подготовил 500-страничную рукопись «Перспективы создания самовоспроизводящихся автоматических систем (САС)», где обобщил технологии и пути создания САС, известные на то время (см. сайты znanie.podelise.ru/docs/92702/index-111-2.html, Домашняя лаборатория и др.).

Начать же надо с ключевого для САС эксперимента, в котором два робота или больше без участия человека соберут из готовых деталей такого же робота и включат его в производственный процесс. Осуществить подобный опыт проще, чем создать всю САС. И он бы показал реальность самой идеи. Исполнители могут быть серийно выпускаемые промышленные роботы (тогда эксперимент обойдется в несколько сот тысяч долларов) или самодельные, управляемые от персонального компьютера (тогда цена составит несколько тысяч долларов или меньше). До тех пор, пока такой эксперимент не закончится успешно, заниматься крупномасштабно САС, наверное, не стоит.

Конечно, эффективность многих технологических процессов на САС будет ниже, чем в традиционной экономике (из-за бедного сырья, малых масштабов производства, применения универсального оборудования и заменителей дефицитных материалов), но это не страшно. Ее продукция и она сама могут в принципе не иметь стоимости, если под этим термином понимать затраты человеческого труда: получая энергию от Солнца и добывая металлы из глины, САС труда не расходует. Вложенный в нее капитал будет небольшим в сравнении с ежегодными производственными инвестициями России и мира, что делает общую конечную капиталоемкость проекта ничтожной, даже если САС будет работать медленно. Поэтому критерии эффективности САС отличаются от всех нынешних экономических построений. При ее создании могут пригодиться даже старые забытые технологии и конструкции тех времен, когда машины строили без легированных сталей и дефицитных цветных металлов; могут пригодиться подходы, применяемые в экстремальных ситуациях, например при эмбарго во время войны, когда немцы синтезировали из окиси углерода и водорода практически все необходимые органические продукты. Надо будет провести инвентаризация тысяч запатентованных технологий, материалов и устройств, которые не нужны современной экономике, но будут полезны для САС.

Скорее всего, стоимость экспериментальной САС минимального состава, собранной из серийно выпускаемого оборудования, не превысила бы 10 млн. долларов, что укладывается в небольшую госпрограмму. Но маловероятно, что когда-нибудь идея создания САС заинтересует российских чиновников и академиков и подобная госпрограмма будет принята, — в противном случае это давно было бы сделано. Поэтому автор скорее адресует свою статью рядовым инженерам, студентам, предпринимателям. Частные исследователи, используя самодельное, бытовое оборудование и настольный ПК с веб-камерами, размещенные в квартире или в гараже, могли бы создать свою экспериментальную САС, вложив несколько десятков или сотен тысяч долларов, как это было сделано в рамках общественного проекта трехмерной печати вещей «RepRap.org». В новом проекте шанс на победу выше не у тех, у кого больше средств, а у тех, кто талантливее и упорнее.





Технологическая сингулярность

Misyuk

Как нарушение законов роботехники может привести к кибернетическому коллапсу

О.О.Фейгин



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

Робот должен повиноваться всем приказам, которые отдает человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат Первому Закону.

Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит Первому и Второму Законам.

А.Азимов. Хоровод

Интеллект и квазизизнь

Еще в конце прошлого века, дискутируя с многочисленными энтузиастами поиска внеземного разума, выдающийся

британский физик Стивен Хокинг заявил, что новый разум надо видеть в искусственном интеллекте Всемирной Сети. Здесь есть над чем задуматься. Сегодня Интернет полон квазизив-

ности, которая вмешивается в жизнь людей, навязывает нам свои решения, а в будущем будет просто диктовать их. Поисковик или почтовый сервер, игнорируя ваше мнение, настойчиво пытается закрепиться на домашней странице, грубо расталкивая нужные сайты в виртуальном пространстве. Есть и настораживающие случаи «непреднамеренных злоупотреблений» со стороны биржевых роботов, способных создать настоящую панику. Поисковый робот

Яндекса вежливо осведомляется: учел ли я при поиске ваши предпочтения? Значит, какую-то информацию он не показывает? Зловреднейшая форма квазижизни — компьютерный вирус — вполне способен превратить компьютер в электронного зомби, рассылающего спам или скачивающего в управляющий центр личную информацию.

А может ли такой искусственный интеллект выйти из виртуального пространства? Пока что нет, максимум — вымогать деньги, угрожая уничтожением информации в компьютере. Однако вскоре в его распоряжении могут оказаться и различные манипуляторы. Вокруг человека появляется все больше датчиков и управляемых ими устройств. Яркий пример — умный дом, где в автоматическом режиме регулируются температура, влажность и освещение. Для этого нужны датчики, которые связаны с контроллерами, способными включать различные приборы, умеют общаться между собой и, возможно, подключены к глобальной сети. Уже появились электронные замки, распознающие хозяина по отпечаткам пальцев. Даже в человеке порой оказываются электронные устройства вроде кардиостимуляторов, обменивающихся сообщениями с какими-то внешними устройствами. Вся эта электроника — прекрасная среда обитания для кибернетической квазижизни. Опыты сотрудников Кевина Уорвика по заражению вживленных микросхем компьютерными вирусами (см. «Химию и жизнь», 2010, № 7) свидетельствуют, что проблема отнюдь не надумана: сейчас нет никаких гарантий, что в будущем электронный замок и умный нагреватель, не говоря уже о газовой плите, не смогут объединиться для совершения какого-то злодейства по чьей-то воле или из-за случайного сбоя.

Внедрение в жизнь датчиков неизбежно приводит к стихийному процессу их объединения в сеть. По мнению экспертов американского агентства DARPA, задача которого — финансирование перспективных оборонных исследований, по мере развития технологии изготовители станут оснащать датчиками буквально каждую деталь, устройство и каждое помещение, что откроет возможность контроля и управления за многими технологическими процессами.

Вообще же перспективы рационального использования сенсорных сетей весьма велики: от сельского хозяйства до полноценных систем экологического контроля, включая глобальный мониторинг атмосферы и гидросферы на предмет радиации и ядовитых веществ. В недалеком будущем сенсорами оборудуют и всю городскую инфраструктуру — от зданий и сооружений до общественного

транспорта, и даже само тело человека. Есть тут и инновационные пути решения продовольственной проблемы — например, можно устроить гидропонные хозяйства и поместить датчики влажности и кислотности буквально возле каждого растения. Такие решения могут приводить и к неожиданным результатам.

Ровно двадцать лет назад американский математик и писатель-фантаст Вернор Виндж в книге «Грядущая технологическая сингулярность» предложил еще одну, после ядерного оружия, врожденную генетическую болезнь цивилизации. Суть модели будущего по Винджу очень проста: «В течение ближайших тридцати лет у нас появится техническая возможность создать сверхчеловеческий интеллект. Вскоре после этого человеческая эпоха будет завершена».

Виндж лишь схематически набросал черты будущей гибели человеческой цивилизации, предпочитая разрабатывать детали в своих научно-фантастических романах. Вывод же был такой: мы одиноки во Вселенной вовсе не потому, что другие цивилизации не смогли удержаться от ядерной войны, как полагало предыдущее поколение футурологов. Те цивилизации не смогли преодолеть технологическую сингулярность — совладать с мощью созданных ими машин. Его теория быстро обросла подробностями в исследованиях учеников и подражателей. Например, в 2001 году профессор Калифорнийского университета Кристофер Пистер ввел парадоксальное понятие умной пыли. Так он назвал микроскопические кибернетические устройства, обладающие зачатками собственного разума и способные связываться с мириадами себе подобных. Эти рои выполняют коллективные действия, а их поведением управляет некий базовый компьютер, наделенный гораздо большими возможностями для вычислений и передачи сигналов.

Образ такой умной пыли впервые встречается в романе Станислава Лема «Непобедимый». В нем классик мировой литературы предсказал организацию беспроводных сетей, в которых узлы могут связываться друг с другом и «роиться», выполняя множество задач. Прежде всего — накапливать электрический заряд и сообщая поражать им противника.

Что-то вроде умной пыли — стаи из небольших простых спутников, управляемые базовой станцией, — действительно предполагают применять для исследований космоса. В нашей же реальности ее аналогом в ближайшем будущем окажутся упомянутые сети датчиков. Эта форма кибернетической квазижизни способна принимать внешние сигналы, а значит, может стать объектом манипуляций со стороны Всемирной па-

утины. Конечно, трудно ожидать каких-то неприятностей, скажем, от датчика кислотности воды в гидропонной системе оранжереи (разве что это оранжерея космического корабля), но кто знает, какими исполнительными устройствами будет оснащена автоматика будущего.

Чудеса нанотехнологий

Нанотехнологии в теории позволяют строить новые объекты буквально на уровне атомов и молекул, достигая одновременно и высочайшей специализации, и поразительной унификации. Не случайно в фантастической литературе прочно обосновался термин «нанобот» для обозначения созданного нанометодами робота микроскопического размера. Соответственно стараниями многих писателей разработана концепция враждебной человечеству полуразумной нанопыли.

Алгоритм уничтожения людей искусственным сверхразумом с помощью наноботов может быть следующим. Сначала роботы образуют единый рой. Сверхразум сообщает рою общие координаты целей. Каждый, зная свои координаты и координаты целей, задевает сверхчувствительные сенсоры и выбирает ближайшую цель. Для принятия окончательного решения об атаке нанобот анализирует, сколько роботов уже направилось к этой цели. Если их достаточно, он начинает искать другую цель или остается в резерве. Так рой очень быстро распадается на отдельные команды — кластеры, устремляющиеся на уничтожение живых существ. Подобная тактика представляется куда более эффективной, чем у голливудского Терминатора, — уже через несколько часов все живые существа на нашей планете, хотя бы отдаленно напоминающие человека, будут уничтожены.

Апокалиптическую картину вихрей враждебной нанопыли, покрывающей планету серой слизью переработанных минералов, высмеивали многие. Прежде всего следует отметить критику отца нанотехнологий Эрика Дрекслера в статье «О проблеме чуши в нанотехнологиях» (см. «Химию и жизнь», 2000, № 11 — 12). Главный аргумент против умной пыли сводится к оценке очень низких энергетических возможностей подобных объектов, вряд ли способных перемещаться даже против слабых порывов ветра и уж тем более накапливать энергию для совершения злодейств. Тем более что пока еще не известны ни двигатели, ни аккумуляторы энергии для столь малых созданий. Поэтому самые перспективные разработки остановились на сантиметровых роботах. Здесь есть серьезный прогресс: в лабораториях по всему миру изготавливают

летающих роботов размером от мухи до птицы. Если первые способны нести лишь видеокамеру и передавать информацию спасателям или солдатам, то на вторых можно разместить нечто более существенное. Такие роботы больше напоминают стаю злобных гоблинов, а не страшный металлический вихрь Лема, но легче от этого не становится, поскольку авторы подобных устройств прямо указывают, что работают они по заданию прежде всего оборонных ведомств, а уж потом — по заданию спасателей.

Компьютерные игры генералов

Наиболее активно по стезе создания боевых роботов следуют американские инженеры. Предполагается, что умные мини-боты — мухи, жуки, птицы — поступят в армию США и НАТО в первой четверти XXI века. Тогда становится возможным атака кибер-насекомых, описанная «золотым пером Голливуда» Дэном Брауном в бестселлере «Точка обмана». Там миниатюрные летающие роботы незаметно перемещаются в сторону нужного объекта, попутно выбирая оптимальные места для подзарядки в лучах солнечного света или просто вблизи нагретых предметов. Такие многофункциональные мини-боты

способны вести видео- и аудиослежку в самых различных ракурсах, а также активно взаимодействовать с человеком, например доставлять микродозы ядовитых веществ или просто взрываться, залетев в глубину ушной раковины. С технической точки зрения их создание сегодня не кажется фантастикой, иное дело — цена вопроса и экономическая целесообразность: уже придуманные человеком виды оружия массового поражения могут гораздо дешевле справиться с задачей, которую хотят поручить роботам-убийцам. А вот большие летательные аппараты — беспилотные службы, причем не только разведывательную, но и сугубо боевую, убивая беззащитных людей, не имеющих необходимого оружия для уничтожения таких роботов. Наземных роботов-вездеходов, оснащенных стрелковым вооружением, также применяют в военных конфликтах, хоть и цена у тех не мала: 150 тысяч долларов США при серийном производстве. Поговаривают, что в армии США вскоре появится полноценный робот-танк. Подобными устройствами, как правило, управляет оператор, надежно скрытый от опасности за сотни, а то и тысячи километров. Однако по мере развития систем распознавания образов значительная часть функций по принятию решений может



РАЗМЫШЛЕНИЯ

быть передана самому роботу. Такое использование устройств, само имя которых, придуманное Карелом Чапеком, означает «помощник человека в работе», представляет собой гораздо более реальную опасность, нежели воспетая фантастами умная пыль. И эта опасность заставляет вспомнить не только законы Азимова, которые единственные могут обезопасить человечество от негативных последствий прохождения технологической сингулярности, но и слова Юлиуса Фучика, сказанные, в сущности, по схожему поводу: «Люди, я любил вас. Будьте бдительны». В противном случае может оказаться актуальным закон Мэрфи в его исходном виде: «Если есть два способа сделать какую-то вещь и один из них ведет к катастрофе, кто-то выберет именно этот способ».



О подписке



Реквизиты:

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

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

Стоимость подписки на первое полугодие 2014 года с доставкой по РФ — 810 рублей, при получении в редакции — 540 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru.

Справки по телефону (495)722-09-46.

Об архиве

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



Художник Е. Станикова

— Варенье нового урожая, — хозяйка гордо поставила на стол вазочку.

Гость охотно потянулся ложкой к угощению. Он ел, пил чай, болтал и не вспоминал, что хотел о чем-то расспросить Ольгу Петровну — должно быть, об Андрее.

Над столом покружила крупная бабочка, села на скатерть.

— Что это? — поперхнулся вареньем Эрик.

Усики-проводочки насекомого блестели металлом, а крылья, снизу зеркальные, сверху черные, напоминали пластинки фотоэлементов. Ими, собственно, и были.

Ольга Петровна заулыбалась:

— Это Андрюша сделал. Бабочка-батарейка.

— Живая?

— Нет, они роботы. Но такие умницы. — Женщина нежно провела пальцем по кромке крыла.

Эрик приподнял брови:

— У вас их много?

— Целый рой. Смотрите. — Хозяйка подошла к встроенному в опору беседки пульта и нажала пару кнопок.

На небо словно тучка набежала — но на Эльде не бывало облаков, это стая бабочек слетелась и стала виться над крышей. Они садилась на тропинку, складывали крылья и плотно прижимались одна к другой. Получился аккуратный брусок. Ольга Петровна подняла его и поднесла к индикатору на столбе:

— Неплохо. На три стирки можно воды нагреть. И места не занимают, а позову — тут как тут.

Она стала рассказывать Эрику, как высоко бабочки поднимаются, как выбирают пути, чтобы поймать крыльями больше света. Он слушал вроде с интересом, а потом взял да и спросил:

— Они летают и над наземными станциями тоже?

— Конечно! Везде, где солнца побольше.

— Тогда ваши бабочки, по сути, крадут у кого-то свет, — заявил Эрик.

— Извините, не поняла. Вы пошутили?

— Ничуть. Вот смотрите, люди за площадь аренду платят. Ставят панели. Бабочки пролетают над ними, закрывают свет. Он попадает им на крылья и достается вам...

Парень увлекся, размахивал руками, резал воздух на воображаемые участки и плоскости. Говорил о цифрах, о процентах. Ольга Петровна слушала и не хотела верить. Он же с нею чай пил, варенье нахваливал! А теперь наглядно и с удовольствием объяснял, в чем хозяйка с Андреем неправы. Может, мальчишке голову напекло? Да нет, не бредит он, говорит вполне связно. Тогда что же такое с людьми теперь делают на Земле?

Ольга Петровна выплеснула чай из кружки Эрика на клумбу. А хотелось — в лицо мальчишке.

— Вон отсюда. — Слова прозвучали твердо, только руки дрожали.

Он еще что-то пытался вякать, уходя, про заметку в газете. Женщина не слушала, звенела посудой, убирая со стола.

Снова разбилась о мелочную придирку красивая идея. Нет, можно найти компромисс, но пусть этим занимаются другие. Ольге Петровне хочется просто спокойной жизни. Она подошла к столбу и принялась нажимать кнопки. Десять, двадцать комбинаций... Домой, домой, летучие батарейки, хрупкие мечты. Андрей вернется — сам разберется.

Всего таких стай, как та, которую хозяйка собрала при Эрике, было триста двенадцать. Она раньше не призывала их одновременно и представить не могла, как небо потемнеет от такого количества крыльев. Будто ночь настала — внезапная, полная хруста, шелеста и треска. Бабочкам не хватало неба, они спускались ниже — темно-блескучие потоки огибали дома, заполняли русла дорог.

И если кто-то мчался навстречу без шлема на электроцикле — потом его вполне могли найти на обочине с разбитой головой.

Бабочки, домой!

Электроцикл остановился у калитки. Снова юный турист на чай прикатил? Ольга Петровна разогнулась над кустами люминики и посмотрела на ездока. Точно, мальчишка, явно только-только получил права. Красные уши-лопухи так и светятся — шлема нет. Ума тоже. Нельзя по Эльде с непокрытой головой гонять, это не Земля, тут солнце другое.

Паренек улыбнулся так, будто собирался выкрикнуть «свободная касса», и затараторил:

— Ольга Петровна? Добрый день, меня зовут Эрик, и я представляю виртуальную газету «Белый носорог». Можно взять у вас интервью?

— Заходите, — кивнула хозяйка, пряча за приветливой улыбкой иронию. Газета? Скорее, кружок увлеченных бездельников. Но у парня был приятный земной акцент, а по родине Ольга Петровна соскучилась.

Она повела гостя по тропинке между клумбами в беседку. Эрик удивленно взглянул на крышу, оплетенную вьюнком, — ну конечно, такое редко тут увидишь, обычно все занято солнечными батареями. Даже люминике мало кто сажает. А жаль, из нее несравненное варенье получается. Душистое, с кислинкой, оно искрится, как местное солнце, которое так любит эта ягода.

Но свет на Эльде — ресурс, а не дар. Маленькая планета не припасла топлива в недрах, и в электричество тут обратится удастся только потоки лучей со всегда ясного, щедрого неба. Открытые пространства заняты солнечными панелями, все свободные плоскости выложены чешуйками фотоэлементов, и даже на море колышутся темными льдинами плавучие станции.

Электричество все равно дорогое, и соседи выкручиваются — ставят во дворах у себя батареи, сажают под ними вместо люминики земные, привычные к тени растения. Ольга Петровна жила бы так же, если бы не сын. Андрей ударился в науку, премию получил — разработал новый тип фотоэлемента. Мотался, правда, вечно по командировкам и к матери заглядывал реже, чем охотники брать интервью за чашкой чаю. Такие, как Эрик.

Полупроводниковый полуалкагест



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

В науке и технике полупроводник означает вовсе не то, что в железнодорожном фольклоре (проводник на два вагона). В этой публикации будем придерживаться научно-технической терминологии. Полупроводник — это в школьном (и не таком уж неправильном) понимании вещество, проводимость которого растёт с нагревом, как у диэлектриков, но само значение проводимости скорее похоже на то, которое бывает у металлов. Конечно, не это — ключевое свойство, это следствие наличия «запрещенной зоны», диапазона энергий, запрещенных для электронов. Другое следствие ее наличия, и как раз весьма существенное — зависимость проводимости от типа и

количества примесей. Именно оно позволяет создать большинство полупроводниковых приборов.

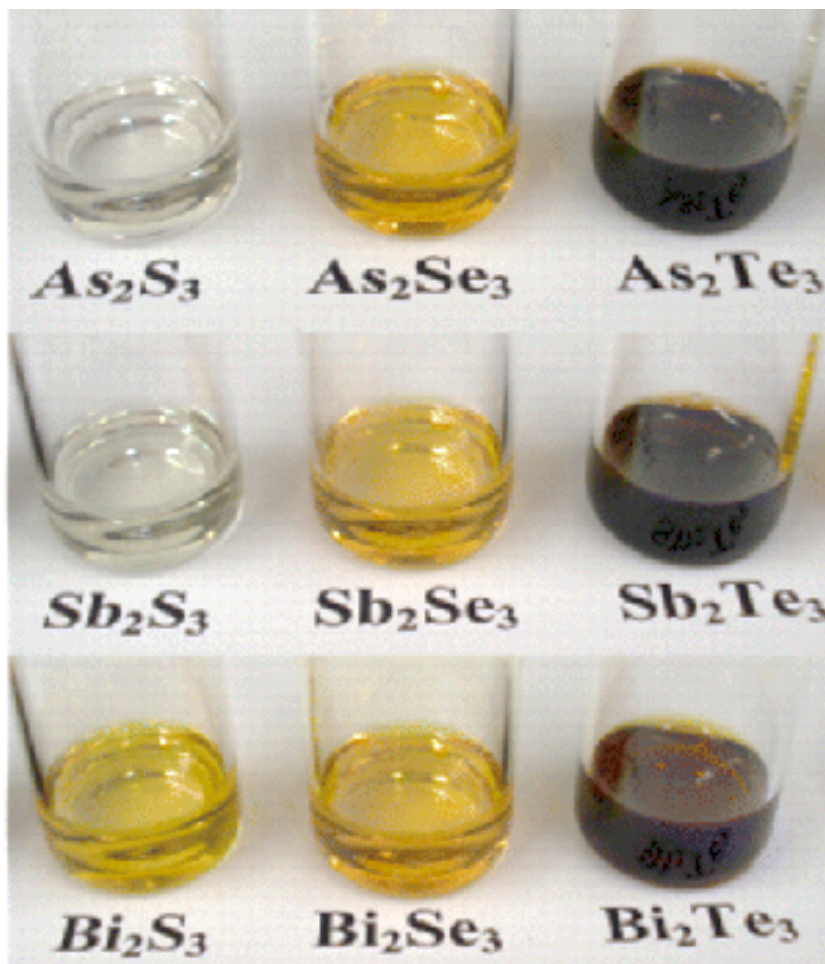
Всем известно, что полупроводники — твердые кристаллические вещества. Мы же расскажем о жидкостях, точнее, о растворах полупроводников. Эти растворы не имеют полупроводниковых свойств, так зачем они нужны? Чтобы капнуть и испарить, то есть изготовить тонкий слой или крохотное пятнышко в нужном месте микросхемы. Полупроводники можно наносить многими методами, но все они дороже и сложнее. И вообще при нанесении из раствора тут же возникает идея «рисовать» схемы, печатать их на принтере и вообще на третьей странице обложки «Химии и жизни»... Однако вот в чем главная загвоздка: полупроводники,

которыми пользуются в технике, практически ни в чем не растворимы обратимо. Иными словами, если и растворяются, то превращаются в другие вещества, не имеющие нужных свойств. Например, арсенид галлия GaAs, широко известный полупроводник, третий по объему использования после кремния и германия, можно растворить в водном растворе щелочи, но выделить его оттуда в неизменном виде невозможно. А вот другую группу полупроводников — сульфиды, селениды и теллуриды мышьяка, сурьмы и висмута (халькогениды пниктогенов) — научились переводить в раствор (рекорд концентрации 32%) и возвращать оттуда в чистом виде. Авторы — исследователи Дэвид Уэббер и Ричард Братчи, в отличие от алхимиков, не стали держать в секрете состав своего почти алкагеста — универсального растворителя для полупроводников. Это смесь этилендиамина $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{NH}_2$ (температура кипения $116,5\text{ }^\circ\text{C}$) и этиленгликоля $\text{CH}_2\text{OH—CH}_2\text{OH}$ (температура кипения $197,3\text{ }^\circ\text{C}$). Оба растворителя упоминаются в школьных учебниках химии, производятся в промышленных масштабах. Возникает естественный вопрос: если так хорошо работает смесь диамина и диола, почему бы не взять этаноламин $\text{CH}_2\text{OH—CH}_2\text{NH}_2$ ($t_{\text{кип}}\text{ }170\text{ }^\circ\text{C}$), который объединяет в себе эти два соединения? Таким образом, есть над чем подумать и работать в будущем.

На рисунке, взятом из недавней статьи Уэббера и Братчи, показаны лабораторные емкости с концентрированными растворами полупроводников, откуда их можно выделить в вакууме в виде тонких пленок из чистых кристаллов, готовых для практического применения (David H. Webber, Richard L. Brutchey, Alkahest for V_2VI_3 Chalcogenides: Dissolution of Nine Bulk Semiconductors in a Diamine-Dithiol Solvent Mixture, «Journal of the American Chemical Society», 2013, 135, 42, 15722—15725, doi: 10.1021/ja4084336).

Как видим, кое-что революционное с полупроводниками свершилось на наших глазах!

Доктор химических наук
М.Ю.Корнилов



Генная терапия в России: три года опыта

Кандидат медицинских наук

Р.В.Деев

Знаете ли вы, что в нашей стране есть препарат для генной терапии? Этот препарат успешно лечит распространенное возрастное заболевание, он прошел клинические испытания и с 2012 года продается на территории России. И сам препарат — отечественный, причем единственный в своем роде, аналогов в мире нет. Типичная реакция человека, который слышит об этом впервые: «Да ладно, не может такого быть». Не может, но бывает. Рассказать читателям о препарате, получившем название «Неоваскулген», мы попросили кандидата медицинских наук Романа Вадимовича Деева, директора по науке ОАО «Институт стволовых клеток человека» (www.hsci.ru).

Идея и воплощение

Идея применения плазмидных генных конструкций для индукции роста сосудов в терапевтических целях, конечно, принадлежит не Институту стволовых клеток человека. История вопроса насчитывает как минимум два десятка лет — пионерами здесь были доктор Джеффри Иснер с соавторами (США), которые провели пилотное исследование, сначала на одной пациентке, потом на трех, и опубликовали результаты в середине 90-х. В этом отношении мы шли по их следам, но конкретная разработка, положенная в основу препарата, российской. Плазмидную конструкцию, содержащую ген фактора роста сосудов, создали и в 2007 году запатентовали два специалиста: хорошо знакомый читателям «Химии и жизни» доктор биологических наук, профессор С.Л.Киселев (Институт биологии гена РАН, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова) и доктор биологических наук, профессор А.В.Иткес (Российский университет дружбы народов).

Однако не каждая идея, сколь угодно красивая и теоретически верная, воплощается в жизнь. В первую очередь это касается медицины, отрасли по необходимости консервативной, где всегда актуально утверждение «лучшее — враг хорошего». Первый вопрос, который мы задали себе, прежде чем начать работу: существует ли непреодоленная проблема, которую можно решить с помощью этой плазмиды? Где она может быть нужна и нужна ли вообще?

Атеросклероз сосудов — это сужение просвета артерий из-за отложений холестерина и других веществ, которое может приводить к ишемии — нарушению кровоснабжения органов и тканей. У всех на слуху ишемическая болезнь сердца — одна из основных причин смертности в мире: атеросклероз коронарных артерий приводит к поражению сердечной мышцы, возможные следствия — стенокардия или инфаркт. Но начинать наше исследование с ишемической болезни сердца нам не хотелось. Решением этой проблемы активно и достаточно успешно занимаются хирурги, существует множество фармацевтических средств разных групп, которые поддерживают миокард. Конечно, о победе над инфарктом пока не приходится говорить, и все же это не та область, где новый препарат был бы воспринят с энтузиазмом.

Мы стали думать, какие еще ишемические заболевания имеют существенное социальное значение, и вспомнили термин, знакомый каждому студенту-медику: «перемежающаяся хромота» — симптом ишемии сосудов нижних конечностей. Сужение сосудов не пропускает кровь к мышцам — кожа ног становится сухой, ступни мерзнут, после продолжительной ходьбы начинаются боли в ногах, вынуждающие человека остановиться и отдохнуть. Звучит вроде бы нестрашно, однако эта проблема не менее значима, чем ишемия миокарда. А возможно, и более, потому что ей уделяют куда меньше внимания и разработчики диагностических средств, и фармацевтические компании, и социальные органы. Между тем боли после долгой ходьбы — лишь начало. Ишемия неизбежно будет прогрессировать, безболевая дистанция сократится от километра (что считается уже клинической стадией болезни) до 200 м и менее, затем начнутся боли в покое, а далее — язвенно-некротические изменения тканей и в перспективе ампутация из-за гангрены.

Сегодня врачи говорят о пандемии атеросклероза, и Россию эта пандемия не обошла стороной. Факторы риска для этой болезни хорошо известны: курение и алкоголь, недостаток физической активности, несбалансированное питание, стрессы. Риск выше для гипертоников, людей с избыточным весом, страдающих диабетом, для тех, у кого повышен уровень холестерина и особых липопротеинов в крови. Существует наследственная предрасположенность к атеросклерозу: о ней говорят, если у больного имеются кровные родственники-мужчины, умершие от инфаркта или инсульта до 55 лет, и женщины — до 65 лет. Мужчины более предрасположены к раннему развитию атеросклероза, чем женщины, и для всех риск увеличивается с возрастом.

Хронической ишемией нижних конечностей (ХИНК) во всем мире страдают около двухсот миллионов человек. Существует статистика по этому заболеванию в США, в странах Европы и Юго-Восточной Азии. Данные по России тоже имеются, но весьма приблизительные. Помимо проблем со сбором, обработкой и распространением информации, есть и объективные сложности. Допустим, инфаркт миокарда во всех статистических отчетах пишется отдельной строчкой, подсчитывать случаи просто. Но как учитывать ХИНК? На ранних стадиях пациенты зачастую не обращаются к врачам. Если же учитывать поздние случаи, с некрозом и ампутациями, то не всегда возможно отделить те случаи, где причиной ампутации был, например, диабет или травмы. Вообще говоря, этот раздел статистики достаточно печален. Подсчитано, что только в США в год выполняется около 150 тысяч ампутаций. В нашей стране, по оценкам врачей-экспертов, — от 45 тысяч до 150 тысяч в год, с учетом состояния здравоохранения и культуры заботы о своем здоровье.

По приблизительным данным, ежегодно в России около 300 тысяч человек получают диагноз «хроническая ишемия нижних конечностей». Как правило, это люди в возрасте 55—60 лет и старше, но бывают и ранние случаи. Мы считаем, что всего в стране живут от миллиона до двух миллионов граждан с этим заболеванием. Прогноз для них неблагоприятный. Если говорить о наиболее тяжелых стадиях, третьей и четвертой (боли в

Как это работает

Активное вещество неоваскулгена — плаزمид, то есть замкнутая в кольцо молекула ДНК. Производят ее биотехнологическим методом: клетки кишечной палочки *Escherichia coli*, живущие в биореакторе, многократно копируют плазмиду, затем ее выделяют и очищают. Плазмиды содержат человеческий ген *vegf*, который кодирует белок — эндотелиальный фактор роста сосудов (VEGF — vascular endothelial growth factor;

эндотелий здесь — выстилка сосудов, их внутренний слой). У этого белка есть несколько изоформ, в данном случае используется VEGF165, состоящий из 165 аминокислот. Показано, что именно такой белок наиболее мощно стимулирует деление сосудистых клеток.

Препарат вводят пациенту в больную ногу несколькими уколами. Плазмиды проникают в клетки ишемизированной ткани, которые начинают синтезировать

белок по «чертежу» гена. Не вся ДНК окажется внутри клеток, но повода для беспокойства тут нет: время жизни этой плазмиды в организме вне клетки — десятки минут, потом ее разрушат ферменты, так что генетическая конструкция не попадет ни в какие другие органы и ткани, ее действие будет только местным.

Клетки начинают синтезировать и выделять VEGF165. Он проникает в сосудистое русло и связывается с рецепторами эндотелиальных клеток. Это команда: «Начинаем выращивать здесь новый сосуд». Клетки активно делятся, мигрируют в сторону ишемизированной ткани и начинают формировать новую трубочку сосуда, обходной путь для крови. Это не менее сложный процесс, чем строительство новой дороги: необходимо организовать съезд с основной магистрали, расчистить трассу, то есть растворить плотные ткани на пути сосуда. Разумеется, трубочка, состоящая из эндотелиальных клеток, должна еще одеться снаружи мышечным слоем и волокнами соединительной ткани. В итоге кровотоки восстановлены, ткани снова полноценно снабжаются кислородом и питательными веществами — ишемия отступает.

<http://neovascugen.ru>,
Вячеслав Евдокимов



БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

покое и некрозы), то в течение года после постановки диагноза приблизительно четверть их умирает из-за прогрессирования атеросклероза, в том числе в других анатомических регионах; четверть переживает ампутацию, у четверти поражение сосудов ног прогрессирует, и только у четверти современная медицина может добиться хоть какой-то стабилизации.

Те же и плазмиды

Что может сделать для таких людей сосудистая хирургия? Самый простой вариант — механически исправить сосуды: заменить проблемный участок протезом либо создать путь для обходного кровотока. Но во-первых, приблизительно у четверти пациентов анатомическое строение сосудов таково, что сделать хирургическую реконструкцию невозможно. Во-вторых, атеросклероз не всегда поражает крупные сосуды — это могут быть и артерии ниже щели коленного сустава, в голени. Диаметр сосудов там небольшой, и велика вероятность, что хирургическая операция не даст желаемого результата из-за тромбирования шунтов, разрастания эндотелия и т. д. Специалисты открыто признают, что сосудистая хирургия всех проблем в этой области не решает.

Когда не может помочь хирургия, остается медикаментозное воздействие. Но фармакология тоже не предлагает чудо-лекарства. Стандартная терапия таких пациентов подразумевает назначение препаратов, улучшающих реологические свойства крови, расслабляющих тонус сосудистой стенки. Когда ишемия становится критической, переходит из второй стадии в третью и далее — в четвертую, добавляют препараты группы простагландинов, которые расширяют мелкие сосуды. Кровь туда «проваливается», кровоснабжение тканей улучшается, и

худшего удастся избежать. Но каждые полгода эту терапию приходится повторять — до тех пор, пока сосуды реагируют на простагландины.

Кроме того, в Европе и в Соединенных Штатах зарегистрирован препарат цилостазол. Хотя механизм его действия не совсем понятен, но то, что он улучшает периферический кровоток, показано достоверно. Цилостазол рекомендован к применению в Европе и в США, у нас же ситуация своеобразная: препарат упомянут в «Национальных рекомендациях по ведению пациентов с заболеваниями периферических артерий», но пока не разрешен к применению на территории РФ. Кроме того, Европейское медицинское агентство в марте 2013 года выпустило пресс-релиз, в котором говорилось о побочных эффектах цилостазола, связанных с нарушением работы сердца. Теперь противопоказанием к применению считается хроническая сердечная недостаточность. А это сильно ограничивает и его применение у пациентов с ишемией нижних конечностей: сердечников среди них много, атеросклероз — явление системное.

Рассмотрев эту ситуацию, мы решили, что действие, которое разработчики предполагали для плазмидной конструкции с геном VEGF, — ангиогенез, создание *de novo* сосудов микроциркуляторного русла, — может оказаться полезным. Естественно, мы не делали пафосных заявлений о победе над ишемией. Наш препарат не лечит от атеросклероза, но он восстанавливает кровообращение там, где оно нарушено, и позволяет крови добраться до обедненных кислородом и питательными веществами клеток и тканей.

Медицинское сообщество, как я уже упоминал, достаточно консервативно, хирургическое — в особенности. Мы понимали, что за нашу правоту придется побороться. Неоваскулген

был зарегистрирован в 2011 году, и с тех пор мы ведем разъяснительную работу — ездим по стране, проводим конференции и симпозиумы, общаемся с докторами, рассказываем им о препарате, что-то корректируем и в наших представлениях с учетом того, что узнаем от них. В принципе, сейчас начинается самое интересное. Позади клинические исследования, которые подтвердили безопасность и эффективность препарата для значительной части пациентов. Результаты говорили сами за себя (подробнее о них чуть позже), они были убедительны для экспертов, а мнение экспертов убедило официальных лиц. Стало понятно, что ангиогенная терапия как самостоятельный элемент комплексного лечения имеет право на существование, и началась тонкая, почти ювелирная работа — подгонка препарата под конкретные клинические ситуации: нужно было понять, кому он показан в первую очередь, когда его следует назначать в сочетании с хирургической реконструкцией, с препаратами других фармакологических групп.

Сегодня в мире разрешено к клиническому применению всего пять генных препаратов: три для лечения злокачественных новообразований, четвертый — глибера, для лечения редкого наследственного заболевания — дефицита липопротеинлипазы, и наш неоваскулген. Необходимо понимать, что генная терапия бывает разной. Лечение наследственных заболеваний предполагает мощную долговременную коррекцию нарушений в геноме. Так действует глибера и другие подобные ей препараты, которые еще не вышли на рынок, но в скором времени, вероятно, появятся. Нам же требуется лишь временная индукция ангиогенеза — наша генетическая конструкция работает в клетках от суток до 10—14 дней, запускает процесс роста сосудов и затем исчезает. Ни о каком «вмешательстве в геном», конечно, говорить не приходится.

Именно поэтому препарат вводят местно, в те участки, где необходимо вырастить новые сосуды. За рубежом пытались вводить похожие конструкции внутривенно и внутриартериально, но особого смысла в этом не было: при контакте с кровью препарат быстро разрушался. Это и хорошо, потому что обеспечивает безопасность: плазма не может попасть в другие отдаленные участки организма и не запустит процесс ангиогенеза там, где он нежелателен.

Что касается генно-терапевтических препаратов для лечения хронической ишемии нижних конечностей, пока на рынке есть только неоваскулген, но через некоторое время могут появиться и другие. Сошла с дистанции компания «Sapofi-Aventis», спонсировавшая клинические испытания плазмидной конструкции с геном фактора роста фибробластов. Фибробласты участвуют в созревании сосуда — собираются вокруг трубочки эндотелия и формируют прочную стенку, но это уже не инициация процесса, а следующий этап. Начинать с подстегивания фибробластов было рискованной идеей, и

она не увенчалась успехом. Однако в мире проводится еще не менее десятка исследований в этой области, часть их перешла со второй на третью фазу клинических испытаний. Достаточно удачно японские ученые завершили исследование своего препарата. Это плазида, похожая на нашу, но в качестве терапевтического фактора в ней использован ген фактора роста гепатоцитов HGF (гепатоциты — клетки печени, но в данном случае этот белок, несмотря на название, стимулирует рост того же эндотелия сосудов). У себя в Японии они успешно завершили третью фазу, однако не стали регистрировать, производить и продавать препарат, нашли инвестиции, чтобы организовать клинические испытания в США и вместо небольшого рынка внутри страны пойти на глобальный.

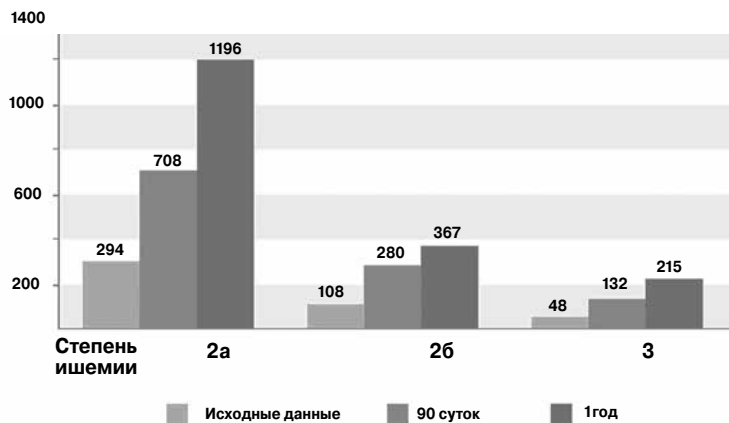
Результаты

Наш препарат прошел все этапы клинических испытаний. В российских нормативных документах они не называются «тремя фазами», но смысл от этого не меняется: первый этап — оценка безопасности, второй этап — определение режима дозирования, наиболее частых побочных действий, первые данные об эффективности, и третий — точное определение эффективности и более редкие побочные эффекты и осложнения. Три организации, в которых проводились клинические испытания, — это Российский научный центр хирургии имени Б.В.Петровского, Рязанский государственный медицинский университет и Ярославская областная клиническая больница.

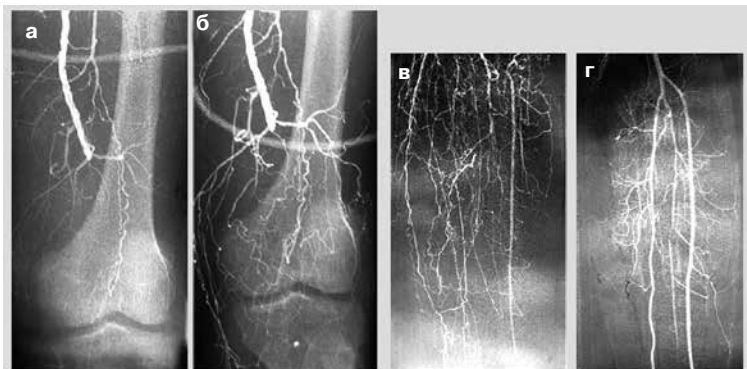
Для первого этапа обычно привлекают здоровых молодых добровольцев. Однако в нашем случае это было бы неэтично, поскольку речь все-таки шла о генной терапии. В этом вопросе у нас было полное согласие с представителями контролирующего органа (на тот момент, в 2009 году, это была Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения, теперь же функция регистрации лекарственных препаратов передана непосредственно в Минздрав): здоровым людям генную конструкцию вводить не стоит, нужно совместить первый этап с началом второго и проводить оценку безопасности уже на пациенте. В таком решении не было ничего необычного: во всем мире сильнодействующие препараты, например те, что используют в психиатрии, на здоровых добровольцах не тестируют.

Препарат испытывали при второй и третьей стадии ХИНК по общепринятой классификации А.В.Покровского — Фонтейна. Стадия 2а — пациент может пройти около километра, а дальше начинается боль. Уже на этой стадии в метаболизме мышечных волокон происходят необратимые изменения. Стадия 2б — безболевого расстояния 200 метров и менее, а третья стадия, когда говорят уже о критической ишемии нижних конечностей — боли в покое, при сидении и лежании. При этих же стадиях сейчас показано применение неоваскулгена — то есть практически при всех, за исключением первой, бессимптомной, когда пациент даже не знает, что болен, и четвертой, некротической, когда образуются язвы и гангрены. Впрочем, бывали случаи, когда доктора назначали препарат и на четвертой стадии как терапию отчаяния, закрывая глаза на инструкции. Потому что эффект превосходил наши самые оптимистические предположения.

Доктора, принимавшие участие в клинических испытаниях, как правило, начинали их с колоссальным скепсисом. Многоопытному хирургу, передавшему десятку, если не сотне тяжелых пациентов, прекращающему представляющему и все возможности терапии, и прогнозы, предлагают сделать больному какие-то инновационные уколы — реакцию трудно представить. А потом проходят две недели, раздается звонок, и доктор говорит: «У меня пациент бросил костыли и самостоятельно поднимается на третий этаж». Такая история произошла в Ростове-на-Дону, где проверяли эффективность препарата под руководством доктора медицинских наук, профессора Ростовского государственного медицинского



При лечении неоваскулгеном расстояние в метрах, которое пациент может преодолеть без боли, значительно возрастает уже через три месяца (Р.В.Деев, Р.Е.Калинин, Ю.В.Червяков и др. «Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова», 2011, 4, 20—25)



Ангиография сосудов пациента выше и ниже колена в начале (а, в) и через полгода лечения (б, г). Хорошо заметны новые сосуды (П.Г.Швальб и др., «Клеточная трансплантология и тканевая инженерия», 2011, VI, 3: 76—83)

университета Ивана Ивановича Кательниченко. Сейчас мы зарегистрировали препарат и на Украине, где врачи его встретили не с меньшим, а возможно, и с большим недоверием, чем их российские коллеги. Недавно я получил от одного из них электронное письмо с заголовком: «Это бомба!» — настолько он был изумлен результатом.

Сразу отмечу, что чудесные истории, к сожалению, происходят не с каждым больным. Как и для любого лекарственного средства, есть категория пациентов, которые не отвечают на терапию неоваскулгеном. Мы пытаемся разобраться, почему так происходит и что тут можно исправить. Кроме того, далеко не все пациенты страдают только атеросклерозом: у кого-то он протекает на фоне диабета, или у кого-то развивается тромбангиит (болезнь Бюргера), и это, конечно, ухудшает результат. Приблизительно 15% больных реагируют на лечение не так, как бы мы хотели, — очень и очень незначительно. Однако есть четкая положительная тенденция, и даже можно отметить, что чем тяжелее ишемия, тем ярче выражен клинический эффект. Некоторых больных мы наблюдаем уже два-три года. Коллеги из Ярославля (И.Н.Староверов, Ю.В.Червяков) подвели статистику по четырем годам — мы видим, что пациент, который с трудом мог пройти 50 метров, через два года отправляется на дальние прогулки, безболевая дистанция выросла до трех километров. Был примечательный случай и на ранней стадии: пациента, страстного охотника, не устраивали боли в ногах после первого километра, и он сам приобрел препарат. Сейчас этот человек охотится на лося, прохдит в быстром темпе многие километры.

В рамках клинического исследования пациенты заполняли опросники, позволяющие оценить изменения в качестве жизни. Там было несколько шкал, которые сводились к двум компонентам: физическому здоровью и психологическому благополучию. Выяснилось, что физический компонент улучшается с очень хорошей достоверностью, это видно на примере той же дистанции безболевого ходьбы. А вот психологические улучшения, хотя и были отмечены, не достигли статистически значимой разницы. Может быть, дело в том, что после долгой ходьбы ноги все равно начинают болеть, а хочется, чтобы не болели совсем, а может, людям трудно поверить в хорошее после тяжелой болезни и мрачных перспектив, или всему виной российская ментальность, о которой так много говорят. Любопытно было бы сравнить результаты по этому показателю в других странах.

Цена вопроса

Сколько стоит препарат, во что обойдется лечение? Препарат, увы, дорогой. Точные цены в статье приводить нет смысла, проще посмотреть в Интернете, но настраиваться надо на сумму порядка ста тысяч рублей за одну упаковку. Если учесть, что курс простагландинов стоит в среднем около 40 тысяч рублей и повторять его нужно каждые полгода, а эффект от неоваскулгена сохраняется и даже усиливается минимум два-три года,



то картина не такая пессимистическая. Но все-таки почему так дорого?

Вот что говорит по этому поводу наш генеральный директор, непосредственный руководитель данного направления А.А.Исаев: «Неоваскулген — первый в классе препарат, что означает большие инвестиции: годы исследований, непростая работа с регуляторами и врачами, огромные усилия по созданию производства для выпуска на рынок. А на выходе небольшие количества доз препарата, пока его применение не станет широкой практикой. Отсюда и высокая цена на оригинальные разработки в сравнении с их копиями и так называемыми дженериками. Цена, уникальность и широкое применение тесно связаны. Поэтому наша задача — не только разработать препарат, но и сделать его доступным для всех. Мы много работаем над этим».

С нашей точки зрения, желательный вариант развития событий — включение неоваскулгена в перечень лекарственных средств, которые могут быть закуплены за счет федерального или регионального бюджета и предоставлены пациентам, нуждающимся в таком лечении. Подобное решение экономически обоснованно: как ни странно, пациент с одной ногой или вообще без ног обходится государству дороже, чем покупка препарата, который позволит избежать ампутации. Некоторую надежду дает и то, что неоваскулген официально является «инновационным препаратом», то есть включен в соответствующие списки как приоритетный и заслуживающий поддержки со стороны государства.

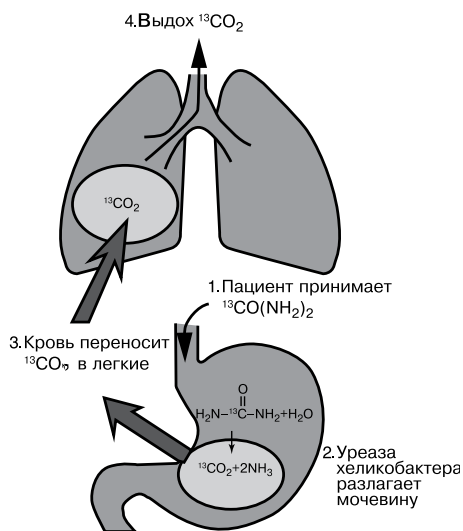
Понятно, что себестоимость неоваскулгена не может быть совсем уж низкой. Выращивание *E.coli* в биореакторе, манипуляции с ней, выделение и очистка плазмиды, подготовка лекарственной формы, контроль качества — все это труд квалифицированного персонала, дорогостоящие приборы и реактивы. Но интересно, что себестоимость только производственной части в России примерно в восемь раз выше, чем если бы то же самое делалось, допустим, в Израиле. Причина проста: и оборудование, и расходные материалы — все это у нас импортное, что и увеличивает затраты. Кроме того, вложения в клинические испытания, в обучение врачей, нужно постепенно окупить. Есть свои интересы и у нашего дистрибьютора, компании «Сотекс», — это одна из компаний, входящих в известную на фармацевтическом рынке группу «Протек». Их работа тоже необходима, это они поставляют препарат в регионы, чтобы он был доступен не одним столичным жителям.

Мы, со своей стороны, предпринимаем все усилия для того, чтобы препарат подтвердил свою эффективность в ходе широкого применения, — ежемесячно проводим выездные мероприятия, встречи, круглые столы, общаемся с врачами, отвечаем на вопросы. Глядя на карту РФ, я уже могу назвать специалистов по сосудистой хирургии в каждом регионе. Нельзя сказать, чтобы это был парад единодушия, — у каждого практикующего врача свой опыт и свое отношение к показаниям и противопоказаниям. Но о препарате знают, его применяют, и это для нас главное. Когда есть результаты и они убедительны для экспертного сообщества в конкретном регионе, разговаривать с чиновниками уже проще. Если все сложится удачно, в арсенале сосудистых хирургов вскоре появится новый полезный инструмент.

Диагноз по изотопу углерода

Кандидат химических наук
А.Р.Эльман

Разобраться в работе такого сложного устройства, как наш организм, бывает совсем непросто. Чтобы найти несправность, у нас берут кровь, облучают рентгеновскими лучами, заставляют глотать «кишку», отщипывают кусочки наших тканей на анализ и делают много других неприятных манипуляций. Между тем в последние 20 лет появились тесты на различные заболевания, похожие на те, что описывают в научно-фантастических романах. Человек выпивает стаканчик сока, потом выдыхает в трубочку и получает заключение врача. Но это не научная фантастика — во многих странах стали почти рутинной тесты со стабильным изотопом углерода ^{13}C . Больному дают выпить раствор препарата, в состав которого входит изотоп ^{13}C , и по содержанию $^{13}\text{CO}_2$ в выдыхаемом воздухе определяют состояние того или иного органа — просто, точно и безопасно. Наконец созданы и российские препараты для такой диагностики.



1
Уреазный дыхательный тест — «золотой стандарт» диагностики *Helicobacter pylori*. Ее фермент уреазы разлагает мочевину до CO_2 и аммиака. Процесс протекает в четыре этапа, показанных на рисунке

Как это работает

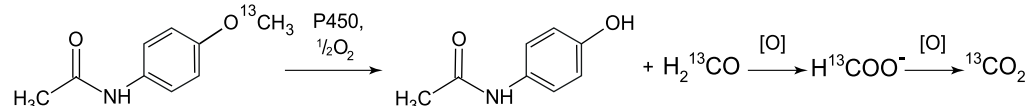
Изотоп углерода ^{13}C отличается от привычного по школьным задачкам изотопа ^{12}C тем, что у него в ядре есть лишний нейтрон и оно чуть тяжелее. Но для нас главное, что этот изотоп — стабильный, как и ^{12}C , а значит, абсолютно безопасный: не распадается и ничего не излучает. В природе он встречается повсюду наряду с обычным изотопом, но доля его около 1%. По его содержанию можно определить, в какой части земного шара рос тот или иной продукт («Химия и жизнь», 1999, № 11—12). В теле любого человека доля ^{13}C приблизительно та же; поэтому все мы содержим примерно по 200 граммов этого изотопа. Что же происходит, когда мы добавляем ^{13}C извне?

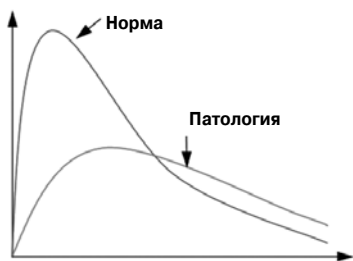
Состояние организма при этом не меняется, идут те же биохимические реакции, что и всегда. Но после того как пациент проглотил специальное вещество, содержащее изотоп ^{13}C в определенном положении молекулы, оно тоже подвергается биохимическим превращениям (метаболизму), и в результате образуется $^{13}\text{CO}_2$. Кровь переносит молекулы углекислого газа в легкие, и его можно зарегистрировать в выдохе с помощью специализированных приборов (масс-спектрометров или ИК-анализаторов). Конечно, для каждого органа нужен свой препарат с меткой ^{13}C , поскольку в разных органах происходят совершенно разные биохимические реакции.

Классический пример — уреазный дыхательный тест, с помощью которого можно определить, заражен ли желудочно-кишечный тракт бактерией *Helicobacter pylori*. Эта бактерия — главный виновник язв, гастритов и даже рака желудка (за это открытие Барри Маршаллу и Роберту Уоррену в 2005 году была присуждена Нобелевская премия). Поэтому если человек при-

ходит в кабинет гастроэнтеролога с жалобами, то первое, что ему должны сделать, — тест на *H. pylori*. Уреазный тест работает так: больному дают выпить раствор мочевины, содержащей ^{13}C . Если злобная бактерия есть и она активна (а может быть и неактивной), то ее фермент уреазы разлагает мочевину до $^{13}\text{CO}_2$ и аммиака (рис. 1). Через 20 минут больной выдыхает в пробирку, ее подсоединяют к прибору, и, если уровень $^{13}\text{CO}_2$ в выдыхаемом воздухе выше, чем в норме (~1,1%), значит, надо бороться с хеликобактером. В 1996 году американский Комитет по контролю качества пищевых продуктов и лекарств (FDA), а также аналогичная организация в Евросоюзе (EMA, European Medicines Agency) приняли уреазный тест в качестве «золотого стандарта» диагностики *H. pylori*. Надо признать, это гораздо более щадящее исследование по сравнению с гастроскопией (глотанием зонда) и биопсией (отщипыванием кусочка тканей желудка).

Еще один пример — болезни печени, в частности цирроз. Для того чтобы узнать, как работает печень, нужен другой маркер — метацетин, содержащий изотоп ^{13}C . Печень разрушает его также с выделением $^{13}\text{CO}_2$ (см. реакцию ниже). Если наблюдать за изменением во времени содержания $^{13}\text{CO}_2$ в выдохе пациента после приема этого ^{13}C -препарата и сравнить его с такой же зависимостью для здорового человека, то можно судить не только о наличии заболевания, но и о том, как далеко оно зашло. Этот метод фармакокинетики (она изучает метаболизм лекарств) используют в большинстве тестов. Обнаружить заболевание на ранней стадии тем более важно, что в этом часто единственный шанс на лечение (например, если речь идет о раке). Фармакокинетические зависимости ^{13}C -метацетина (рис. 2) позволяют с высокой точностью определить





2
Изменение концентрации метациетина во времени при нормальной работе печени и в случае болезни

параметры печени, оценить, как быстро она выводит токсины, и даже ее массу, что существенно после операции, когда часть этого жизненно необходимого органа удалена. Фактически метод показывает, как работают ферментные системы печени. Математические модели, разработанные российскими учеными, позволяют различать все степени циррозов (а их четыре), гепатита и других заболеваний.

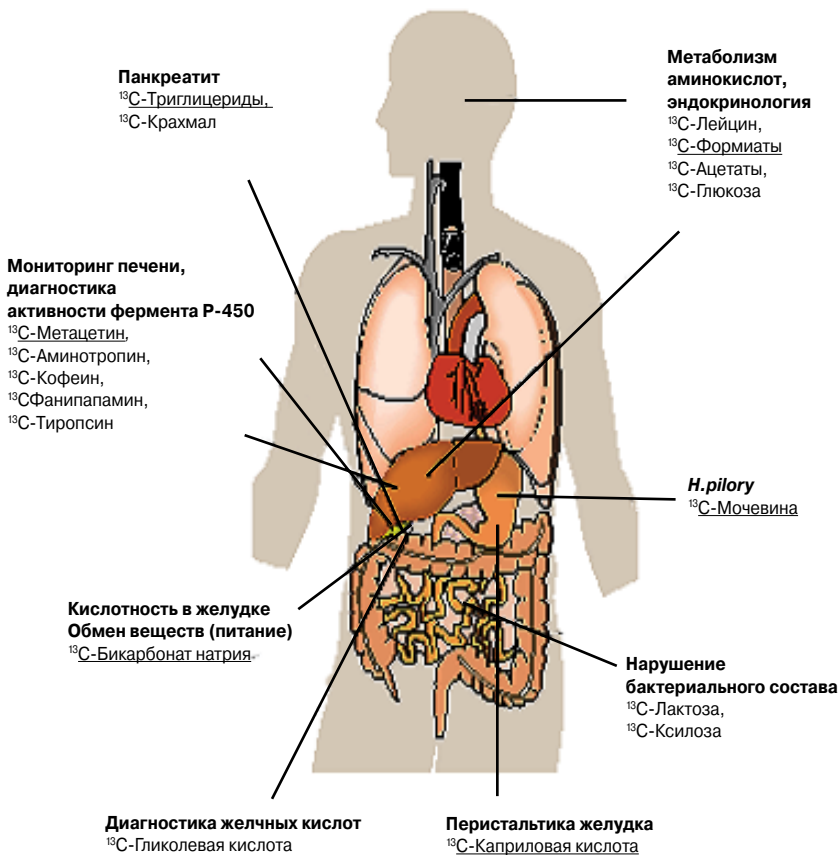
Что могут «метки»

С помощью различных ^{13}C -препаратов можно обнаружить не только заболевания желудка и печени, но и кишечника, поджелудочной железы, болезни кровеносной, эндокринной и легочной

систем, центральной нервной системы, а также опухоли (рис. 3).

Октаноат натрия и каприловую кислоту с ^{13}C -меткой применяют, чтобы исследовать перистальтику желудка и получать другие ^{13}C -препараты. Бикарбонат натрия используют для определения кислотности желудка, диагностики гиперкапнии (легочное заболевание, вызываемое повышением уровня углекислого газа в крови), изучения энергетического обмена в организме и назначения диетического питания. Формиат натрия — для диагностики функции печени. С помощью ^{13}C -глюкозы можно легко диагностировать диабет: у этих пациентов глюкоза не разлагается и $^{13}\text{CO}_2$ не выделяется. Есть также биомаркеры с двумя и более атомами ^{13}C в молекуле, например, ($^{13}\text{C}_3$ -карбонил)триоктаноин используют для диагностики функции поджелудочной железы (как она расщепляет жиры); при этом чувствительность метода вследствие увеличения числа меток ^{13}C увеличивается.

Сейчас на счету ^{13}C -диагностики уже десяток заболеваний, и постоянно идет разработка новых методик. В перспективе — диагностика самых опасных недугов, которые не дают покоя человечеству: различные виды рака, болезни



3
Примеры диагностических тестов с помощью препаратов, меченных изотопом ^{13}C . Подчеркнуты первые российские препараты (сейчас их около 20)



Альцгеймера, Канавана (генетическое поражение мозга), заболевания сосудистой, эндокринной и других систем.

Дыхательные тесты не только не травмируют человека (то есть неинвазивны, как говорят медики). Они очень точны и специфичны (до 100 %), то есть свидетельствуют о состоянии данного конкретного органа. В западных странах такую диагностику применяют уже почти 20 лет, она давно стала привычной массовой процедурой. Только в США за год проводят 5—7 млн. ^{13}C -дыхательных тестов (в мире около 10 млн.). Врачи используют все новые ^{13}C -биомаркеры, и список доступных препаратов постоянно расширяется.

Сегодня производятся сотни наименований ^{13}C -продуктов, и стоят они очень дорого (до тысячи долларов и больше за грамм). Чаще всего применяют ^{13}C -мочевину, $1-^{13}\text{C}$ -каприловую кислоту, (^{13}C -метокси)метацетин, $1-^{13}\text{C}$ -октаноат натрия, ($^{13}\text{C}_3$ -карбонил)триоктаноин, $1-^{13}\text{C}$ -D-глюкозу, ^{13}C -бикарбонат натрия, ^{13}C -формиат натрия и другие препараты.

В России такая изотопная диагностика отсутствует, поскольку нет зарегистрированных препаратов, приборов и методов проведения медицинских тестов. В какой-то момент лед тронулся, и с 2007 по 2012 год наша страна сильно продвинулась вперед в создании собственных диагностических препаратов, приборов и медицинских методик. Конечно, это стало возможным только благодаря тому, что Россия производит высококачественное изотопное сырье — оксиды ^{13}C -углерода ($^{13}\text{CO}_2$ и ^{13}CO) с химической и изотопной чистотой более 99 %.

Надо сказать, что разработка подобных препаратов — непростая задача. Вначале надо с нуля придумать такую методику синтеза, которая обеспечивала бы введение изотопа ^{13}C в определенное положение нужной молекулы с минимальными потерями изотопного сырья. Кроме того, синтезы должны быть малостадийными, иметь низкий коэффициент расхода изотопного сырья, а также предусматривать возможность его сбора и хранения для повторного использования. При этом

нужно иметь много разных диагностических препаратов, меченных изотопом углерода, — для каждого заболевания свой. За пять лет наши химики создали оригинальные методы синтеза около 20 диагностических препаратов. Именно оригинальные — публикаций на эту тему практически нет. Помимо химиков — сотрудников ГНЦ «НИО-ПИК», компании «Ростхим», ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН, «Объединенного центра исследований и разработок», МИТХТ им. М.В. Ломоносова — в исследованиях принимали участие Институт медико-биологических проблем РАН, ЦНИИ гастроэнтерологии, НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН и другие известные научные центры. Благодаря такому содружеству и использованию синтезированных нами препаратов, были отлажены отечественные изотопные анализаторы для дыхательных тестов и отработаны методики диагностики опаснейших болезней (рака, язвы, гастрита, цирроза). Осталось только официально зарегистрировать новые препараты и методики. А вот это, к сожалению, гораздо более сложная задача, чем их разработка...

Расширение возможностей

Диагностика болезней по выдыхаемому воздуху — не единственная возможность, которую дает изотоп углерода ^{13}C . Есть гораздо более серьезные перспективы. В живых организмах постоянно происходит обмен веществ, или метаболизм. Для здорового тела и его клеток характерны определенные концентрации метаболитов, но, если клетки заболевают или начинается рост опухоли, содержание метаболитов существенно изменяется. Однако обнаружить эти изменения бывает весьма и весьма непросто.

И здесь ^{13}C позволяет увидеть невидимое. Физикам и химикам давно известно, что ядро этого изотопа имеет магнитный момент, то есть работает как миниатюрный магнетик. А значит, его можно обнаружить, если поместить в магнитное поле. Это свойство веществ, меченных изотопом ^{13}C , используется в науке для определения их строения, изучения превращений и для решения многих других полезных задач с помощью ядерного магнитного резонанса (метод ^{13}C -ЯМР). Если пометить наши метаболиты изотопом ^{13}C , то их можно будет

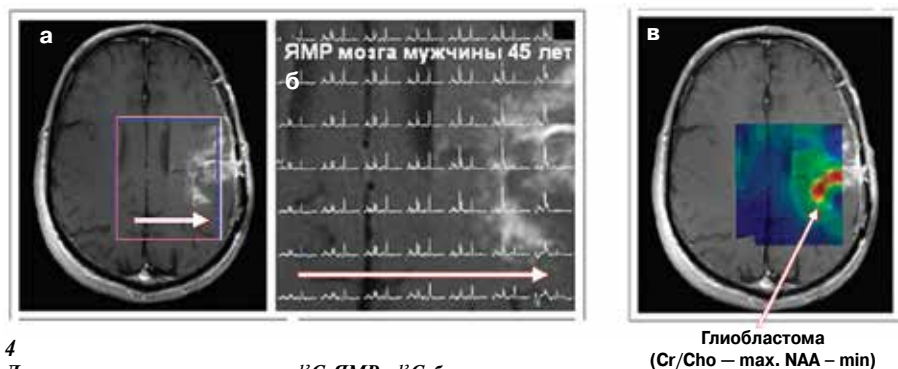
не только увидеть в магнитном поле, но и определить концентрации. Как это сделать, не причинив вреда пациенту? Нужно ввести в организм какой-либо естественный ^{13}C -биомаркер, принимающий участие в обмене веществ, например ^{13}C -глюкозу. Тогда метка ^{13}C вскоре сама перераспределится между веществами, участвующими в цепочке метаболизма, и мы сможем измерить их содержание с помощью томографа (или масс-спектрометра).

Да, в данном случае, в отличие от диагностики по выдоху, нужны томографы. Но этот метод во многих случаях более информативен в сравнении с обычной протонной томографией и значительно дешевле, чем позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), которая сейчас используется для тех же целей. Кроме того, для ПЭТ нужны радиоактивные вещества, а значит, есть жесткие ограничения по времени, поскольку многие радиофармпрепараты быстро распадаются и теряют свою активность; необходимы также синхротроны, которые занимают целое помещение.

В мае 2012 года журнал «Science» (2012, 336, 1040—1044, doi: 10.1126/science.1218595) опубликовал данные о скорости поглощения и выделения 111 различных метаболитов для 60 видов опухолей. Проанализировав этот большой материал, специалисты установили, каким видам опухолей соответствуют те или иные соотношения метаболитов. Появились даже так называемые карты метаболитов, или SIDMAP (Stable Isotope-based Dynamic Metabolic Profiling). Например, клетки, пораженные меланомой (рак кожи и слизистых), выделяют на порядок больше аминокислот аденозина, чем клетки с лейкемией (рак крови). А другого метаболита — орнитина, при всех видах опухолей выделяется в сотни раз больше, чем аденозина.

Многие значения концентраций метаболитов для разных видов рака исследователи получили именно с помощью спектроскопии ядерного магнитного резонанса на ядрах ^{13}C , и это оказалось весьма информативным. Так, при раке легких в пораженных клетках, в отличие от здоровых, очень много молочной и янтарной кислот, глютаминовой и некоторых других аминокислот, тогда как концентрации глюкозы, наоборот, понижены. С помощью ^{13}C -ЯМР установлены многие характерные значения уровней метаболитов для рака груди, мозга, печени, толстой кишки, яичников, простаты.

Но если можно исследовать, то можно и ставить диагноз! Сейчас это проверяют, главным образом, на животных — крысах, мышках, собаках (рис. 5). Однако

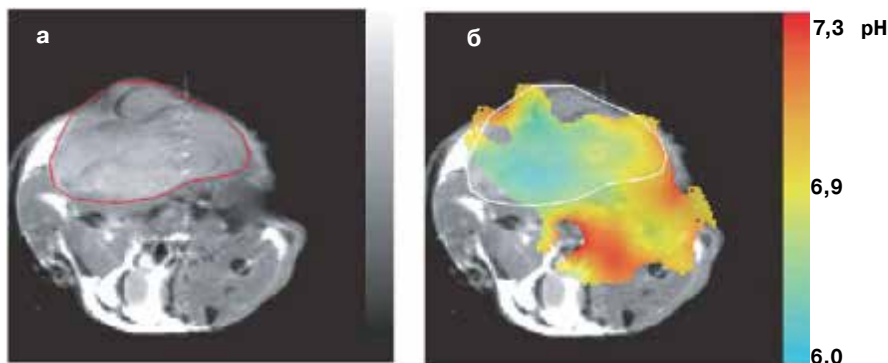


4 Диагностика опухоли с помощью ^{13}C -ЯМР и ^{13}C -биомаркеров:

а — МРТ-снимок области мозга;

б — совокупность спектров ^{13}C -ЯМР ^{13}C -меченых креатина, холина и N-ацетиласпартата в обследованной области. В направлении стрелки сигналы креатин/холин растут, (Cr/Cho) N-ацетиласпартата (NAA) — падают;

в — изображение опухоли после математической обработки спектров



5 Обнаружение опухоли (лимфомы) у мыши с помощью ^{13}C -ЯМР и ^{13}C -биомаркеров: а — изображение лимфомы, привитой мышши; б — опухоль повышает кислотность среды и может быть обнаружена с помощью ^{13}C -бикарбоната натрия ($\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$)



есть отдельные публикации, которые подтверждают применимость такой методики и для людей. В частности, записывая сигналы ЯМР ^{13}C -креатина и ^{13}C -холина после введения пациенту ^{13}C -глюкозы, удалось получить четкое изображение опухоли мозга (глиобластомы), в то время как на обычной томограмме эта опухоль была не видна (рис. 4). Специальная математическая обработка сигналов ^{13}C -ЯМР меченых метаболитов дает цветные изображения опухолей, и в будущем это облегчит работу врача.

В настоящее время этот метод за рубежом находится в стадии доработки: конструируют датчики для обследования человека (например, для исследования мозга удобен датчик в форме подголовника, возможно, со временем появятся и другие), изучают режимы записи резонансных сигналов, разрабатывают методики введения ^{13}C -препаратов (внутривенно или с помощью обычной таблетки или раствора). Поскольку для записи спектров ^{13}C -ЯМР используют обычные серийные томографы, внедрение метода не за горами. Тогда появится возможность увидеть в организме то, что не под силу обычному МРТ, не прибегая к рентгеновским лучам (компьютерная томография), радиоактивности (ПЭТ) или иным сильным, а порой и разрушительным воздействиям.

Впрочем, и этим возможности изотопа ^{13}C не исчерпываются. Уже более десяти лет известно, что если ^{13}C -продукт подвергнуть гиперполяризации, то

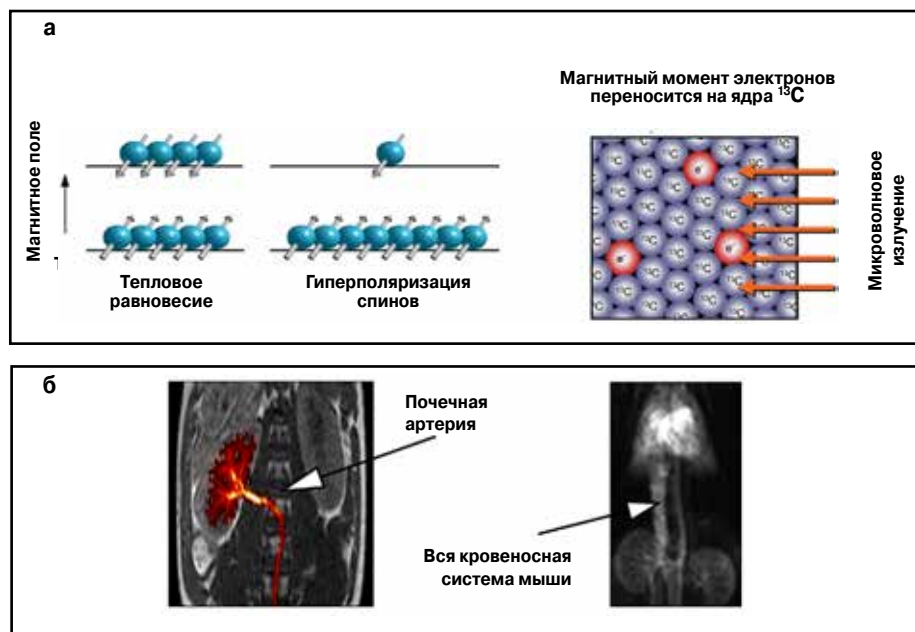
есть намного увеличить количество ядер ^{13}C , ориентирующих свои магнитные моменты вдоль магнитного поля (в обычном состоянии доля таких ядер невелика), то чувствительность ^{13}C -магниторезонансной диагностики сильно увеличивается. А точнее, после гиперполяризации интенсивность сигнала увеличивается в 10 000—100 000 раз. Это позволяет получать снимки внутренних органов порой даже более качественные, чем обычные снимки МРТ (рис. 6). Дело в том, что обычный метод МРТ основан на магнитном резонансе ядер водорода воды, из которой все мы состоим на 80 %, поэтому на снимках трудно отличить опухоли от, например, отеков — ведь они тоже дают только протонный сигнал. Кроме того, обычным методом МРТ невозможно наблюдать процессы метаболизма.

Сейчас метод ^{13}C -ЯМР с гиперполяризацией активно развивается за рубежом, при этом даже используются современные российские устройства, в частности, СВЧ-генератор ELVA-1 из Санкт-Петербурга. К ^{13}C -биомаркеру

добавляют стабильный свободный радикал (вещество с неспаренными электронами), смесь помещают в сильное магнитное поле при низкой температуре, для чего используют магнит от серийного томографа, и облучают СВЧ. Вещество замерзает, и происходит его гиперполяризация за счет передачи магнитного момента с неспаренных электронов радикала на ядра ^{13}C -биомаркера. Затем препарат быстро размораживают и вводят пациенту.

Вообще-то препараты с изотопом ^{13}C нужны не только медикам. Их используют в криминалистике, судебно-медицинской экспертизе, космической медицине, антидопинговом контроле, экологии, геологии, геофизике, при изучении биосинтеза и эволюции живых организмов, при защите патентных прав на химические технологии, при изучении механизмов химических реакций и во многих других научных исследованиях — везде, где нужны маркеры и можно обойтись без опасных радиоактивных изотопов. Поэтому методики синтеза соединений, меченных изотопом ^{13}C , — ценнейшее ноу-хау. А вслед за ^{13}C обязательно придет очередь других стабильных изотопов — ^{10}B , ^{11}B , ^{28}Si , ^{33}S , обладающих другими ценными свойствами.

Российское производство изотопов — крупнейшее в мире, а многие другие страны вынуждены импортировать эти продукты. До настоящего времени мировыми монополистами по производству препаратов, меченных ^{13}C , остаются две компании, находящиеся в США, — «Isotech» (подразделение «Sigma-Aldrich») и «Cambridge Isotope Laboratories», у которых эту продукцию приобретают многочисленные исследовательские центры и фирмы. Сейчас и у нас разработаны методы синтеза подобных препаратов, весьма востребованных на мировом рынке. К сожалению, нынешнее правительство Москвы прекратило финансирование этих работ, но если, несмотря на это, удастся довести дело до конца, то в нашей стране появятся свои современные и общедоступные методы диагностики.



6
 ^{13}C -томография (^{13}C -МРТ) с помощью гиперполяризации ^{13}C -биомаркеров

а — принцип гиперполяризации спинов ^{13}C : при тепловом равновесии только часть магнитных моментов ядер углерода направлена по полю, а после обработки микроволновым облучением число таких ядер резко возрастает; **б** — ^{13}C -МРТ снимки: впрыскивание ^{13}C -маркера по катетеру в почечную артерию свиньи (слева), и кровеносная система мыши после внутривенного введения гиперполяризованной ^{13}C -мочевины (справа)





«Nature», 2013, 501, 84–88,
doi: 10.1038/nature 12435

Джон Андерсон, Джонатан Ритл и Джонас Петерс из Калифорнийского технологического института предложили новые катализаторы фиксации азота. В природе фиксация атмосферного азота — важнейший процесс, который осуществляют почвенные микроорганизмы. Они переводят молекулярный азот в биологически доступную форму, и он включается в круговорот растительной биомассы. Многие годы исследователи пытаются найти химические катализаторы, которые хоть немного бы приближались по эффективности к природным.

Когда мы говорим «азот», не надо путать молекулу азота N_2 , которая существует в виде газа и составляет 78% объема атмосферы Земли, и атом азота, то есть химический элемент 15-й группы Периодической системы Д.И. Менделеева. Молекулярный азот N_2 — это два атома азота, соединенные прочнейшей тройной ковалентной связью, разорвать которую очень непросто.

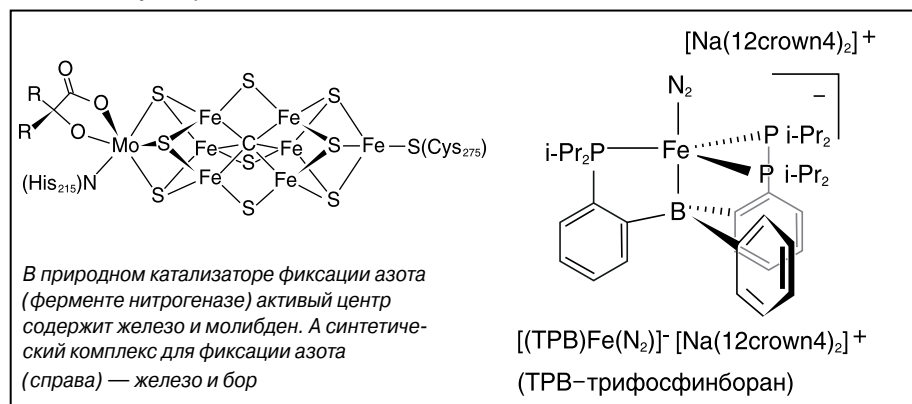
Открытием азота мы обязаны как минимум трем подданным британской короны — Джозеф Пристли, Генри Кавендиш и Даниель Резерфорд независимо друг от друга к 1772 году выделили его из атмосферного воздуха. Он был назван «мефитическим», или «испорченным воздухом» — это было связано с теорией флогистона, согласно которой в горючих веществах существует некая тонкая материя — флогистон, при сгорании уходящая в атмосферу. В отличие от кислорода — «горючего воздуха» — азот не поддерживал горения, за что его и признали «испорченным».

Название «азот» (греч. — безжизненный) больше подходит азоту-газу, а не элементу, поскольку без элементарного азота жизнь немыслима. Азот входит в состав большинства биологически активных молекул: аминокислот и белков, нуклеиновых кислот, гормонов, нейромедиаторов, витаминов и многих других. Откуда берут его животные и мы с вами? В основном из пищи, поедая других животных и растения, а растения, в свою очередь, усваивают азотистые соединения из почвы. Но химически стойкий молекулярный азот могут перерабатывать только некоторые почвенные микроорганизмы. Для того чтобы разорвать тройную связь,

они используют несколько ферментов, важнейший из которых — нитрогеназа. «Перерабатывать» — не очень удачная формулировка, в научной литературе употребляют термин «фиксация азота». Именно ей посвящено исследование сотрудников Калтеха.

Фиксация — это, по сути, восстановление инертного азота до реакционноспособного аммиака. Как это делать в промышленных масштабах (с помощью температур, давления и катализаторов), более ста лет назад придумал Фриц Габер, за что получил Нобелевскую премию. А вот имити-

Довольно долго считалось, что главный в каталитическом центре нитрогеназы все-таки молибден. И действительно, химики за много лет исследований нашли некоторое количество молибденовых неорганических катализаторов, которые стехиометрически превращают в мягких условиях азот в аммиак. Но сейчас предполагают, что железо может выполнять фиксацию самостоятельно, без закадычного товарища. В частности, одним из аргументов служит то, что железо неизменно присутствует во всех нитрогеназах, а вот молибдена в этих ферментах может и не быть. Андерсон сосредоточил свои усилия на моделировании «железной» части кофактора. И ему удалось найти несколько вариантов комплексов желе-



ровать природный процесс, идущий благодаря нитрогеназе в обычных мягких условиях, пока не получается. Понятно, что для этого нужен хороший катализатор, который восстанавливал бы азот с высоким выходом. Но какой?

Нитрогеназа, как и многие другие ферменты, выполняет свою каталитическую функцию благодаря встроенному фрагменту небелковой природы. Именно он обеспечивает высокую специфичность биохимического превращения. В нитрогеназе эту роль играет железомолибденовый кофактор (FeMo-кофактор), то есть каталитический центр фермента содержит атомы железа и молибдена. И здесь возникает вопрос: к железу или к молибдену присоединяется молекулярный азот, чтобы потом приобрести лишние электроны? В более ранних работах были предложены два механизма процесса. Однако они подходят как для одного, так и для другого металла, отражая скорее предполагаемую механику фиксации.

за и бора, лучшим из которых был $[(TPB)Fe(N_2)][Na(12crown4)_2]$. Если сравнивать с ранее описанными железными катализаторами, то новые соединения железа активнее во много сотен раз.

При этом, похоже, связь «железо-бор» оказалась уникальной. Другие варианты катализаторов без этой связки, например, когда бор заменили кремнием, работают гораздо хуже. Авторы исследования объясняют это тем, что связь Fe-B подвижна, поэтому фрагмент может присоединять не только аммиак, но и соединения N_xH_y , которые образуются во время реакции и, очевидно, играют важную роль в механизме фиксации.

Калифорнийские ученые стремились доказать роль железной части FeMo-кофактора нитрогеназы. И им это удалось. Возможно, скоро химики перейдут от моделирования к более близким к практике исследованиям, и тогда крупнотоннажный процесс Габера-Боша наконец заменят на более безопасный и экологически чистый.

Уладим с помощью зонта

«Organic & Biomolecular Chemistry»,
2013, 11, 6023, doi: 10.1039/C3OB41209A

В Монреальском университете Кристин Чхан и ее коллеги синтезировали ротаксаны, способные транспортировать полярные молекулы через липидный бислой клеточной мембраны. Бислой защищает клетку от нежелательных полярных «гостей», но и служит препятствием для лекарственных препаратов, которые нацелены на конкретные мишени внутри клетки. Чтобы понять, по какому механизму работают новые ротаксаны-переносчики, надо представить себе самый обыкновенный зонт.

одной стороны гидрофильны (остатки фосфорной кислоты), с другой — гидрофобны (хвосты жирных кислот). В мембране гидрофобные участки обращены внутрь, а гидрофильные — наружу, поэтому проникнуть через такой двойной слой заряженным соединениям трудно, особенно если нет естественного переносчика, какой есть, к примеру, у холина.

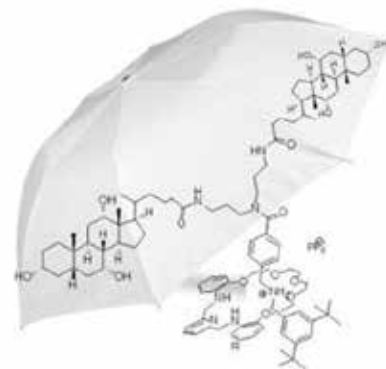
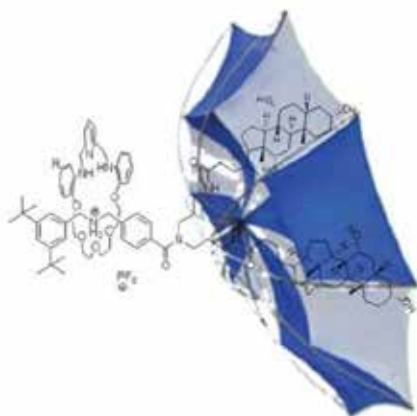
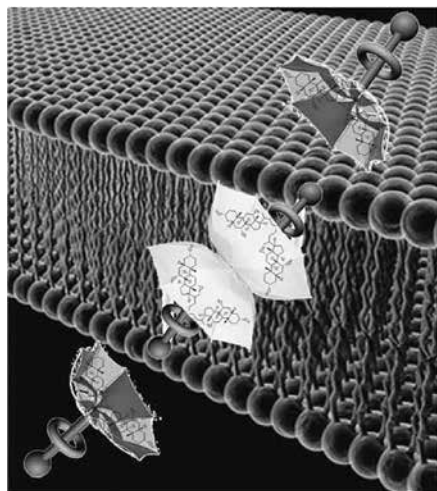
Чхан и коллеги сделали такой переносчик из ротаксана, снабдив линейную молекулу с одного конца двумя

задержанной на границе. На линейную молекулу можно насаживать любые макроциклы — например такие антибиотики, как валиномицин и нонактин, и они окажутся внутри клетки.

Как можно понять, открыт или закрыт купол? Канадские химики синтезировали аналог ротаксана, в цикле которого была флуоресцирующая метка (дензильный заместитель). Она оказалась хорошим маркером для определения текущей конформации купола. По мере увеличения полярности среды (для этого добавляли метиловый спирт и воду) увеличивалась флуоресценция, поскольку купол открывался и метка на цикле становилась «видимой».

Испытания по транспортировке

ХЕМОСКОП



Молекула — переносчик лекарства в гидрофильной среде похожа на зонт, вывернутый порывом ветра, а в гидрофобной — просто на раскрытый зонт, который прикрывает молекулу и помогает ей пересечь мембрану

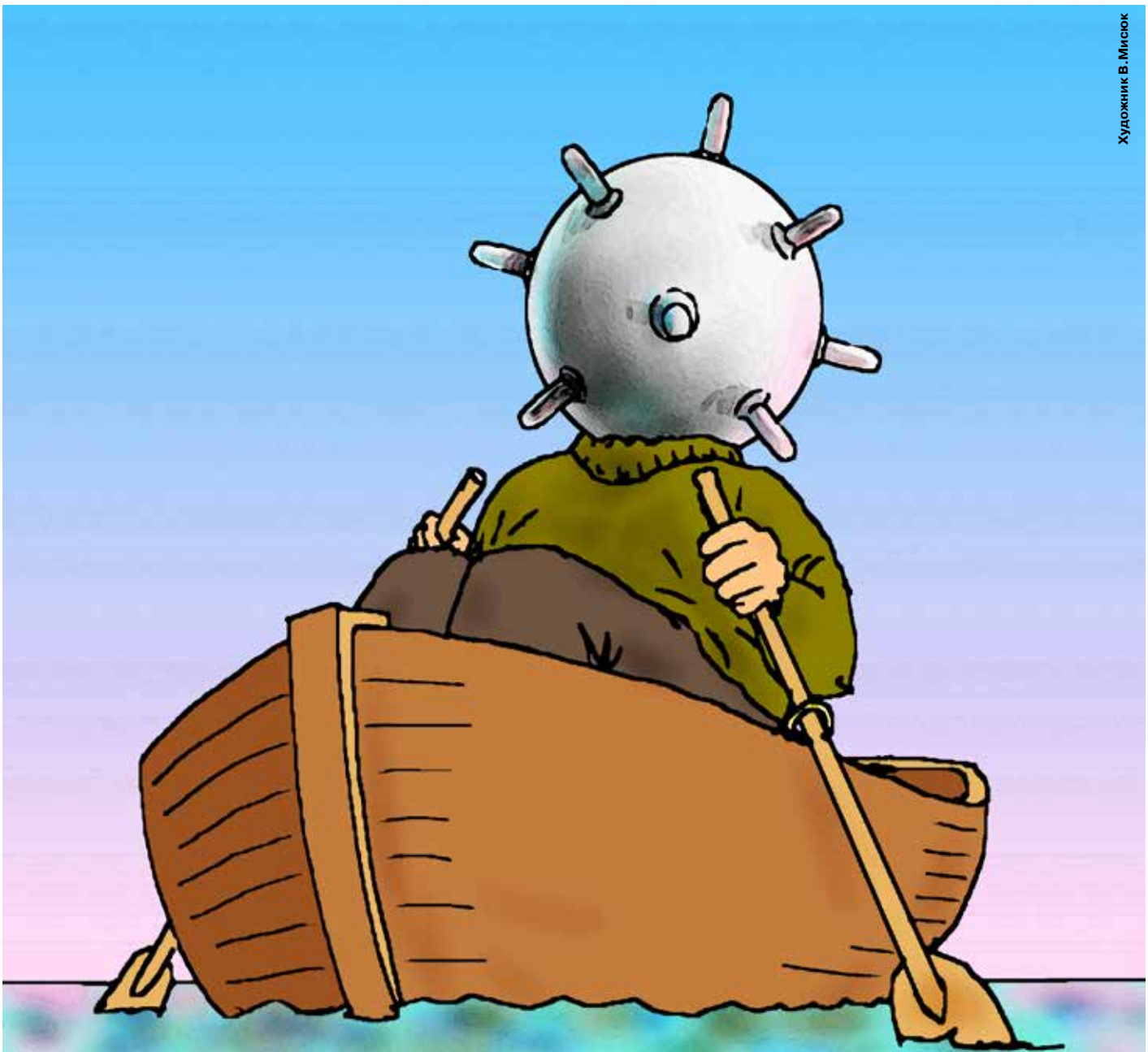
Ротаксаны — это комплексы, состоящие из молекулярных циклов, которые нанизаны на линейные молекулы (как колечки на палочку). Чтобы циклические фрагменты не соскакивали, к концам «палочки» пришивают объемные молекулы — блокаторы. Ротаксаны очень интересны как супрамолекулярные устройства: переключатели, переносчики электронов и энергии. Однако в этот раз им нашли новое применение.

Многие биологически активные вещества — это полярные молекулы, растворимые в воде и других полярных растворителях, например спиртах. Напомним, что мембрана клетки состоит из двойного слоя липидов, которые с

остатками гидрофобной холевой кислоты. Это структурное изменение придает молекуле крайне интересный эффект: она начинает работать по принципу зонта. В гидрофобной органической среде (как раз такая внутри мембраны) — холевые фрагменты как куполом закрывают циклическую часть ротаксана (колечки, насаженные на палочку), экранируя его от нежелательных взаимодействий. В таком виде «зонт» может проткнуть мембрану. В гидрофильной среде купол разворачивается в обратную сторону, как обычный макроскопический зонт при сильном порыве ветра. Таким способом циклическая часть — ценный и хрупкий груз — пройдет мембрану без опасения быть

провели на липосомах (шариках, состоящих только из липидного бислоя), которые часто используют как модель мембраны. опыты показали, что такие ротаксаны провозят внутрь липосомы до 45% циклических молекул, если те входят в состав ротаксана. Если провести эксперимент просто с незащищенными циклами, то они тоже проникают через липидный бислой, но их оказывается не больше 10%.

Выпуск подготовил
Р. Бобылёв

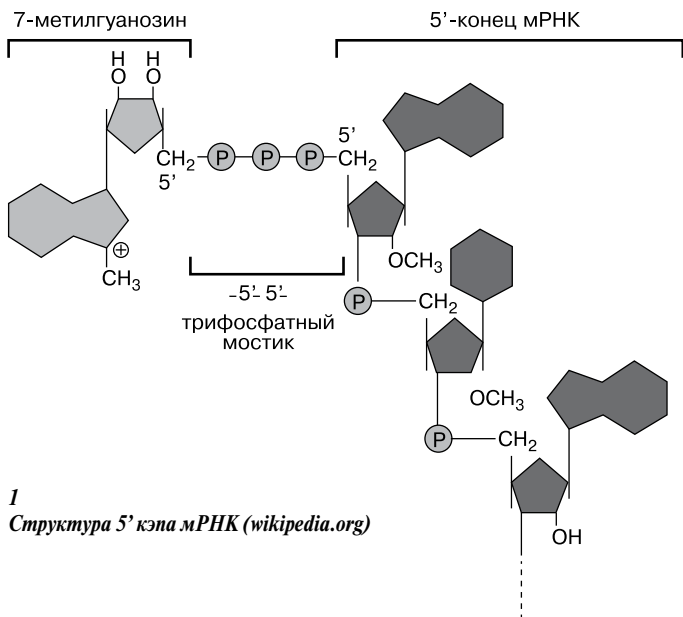


Роль вирусов в происхождении клеточного ядра

М.А.Никитин

Misyuk

В прошлом номере мы рассмотрели происхождение эукариот путем симбиоза между археей и бактерией в условиях перехода бактериального сообщества к аэробному обмену. Однако этот сценарий не объясняет всех особенностей эукариотических клеток. Непонятно, как переход археи к фагоцитозу и обзаведение симбионтами могли способствовать появлению, например, полового размножения и мейоза. Не очень понятно происхождение линейных хромосом. И совершенно несуразной выглядит такая деталь эукариотической системы трансляции, как кэпы матричных РНК. Кэп — это остаток 7-метилгуанина, пришитый к 5'-концу мРНК специальным 5'-5'-трифосфатным мостиком (рис. 1). Он требуется



1
Структура 5' кэпа мРНК (wikipedia.org)

для начала трансляции на эукариотической рибосоме — без него рибосома не может связаться с мРНК. Для узнавания кэпа служит специальный белок — фактор инициации eIF4E, не имеющий гомологов у прокариот. Важно, что из-за наличия кэпа и eIF4E эукариоты не имеют оперонов — групп генов, которые транскрибируются в одну длинную мРНК, кодирующую несколько белков последовательно, один за другим. Опероны позволяют бактериям и археям экономить на регуляции активности генов: достаточно одного регуляторного участка в начале оперона, чтобы одновременно управлять активностью всех его генов. (Обычно белки, которые кодируются генами одного оперона, функционально связаны, а значит, требуются в равных количествах.) Переход к экпированным мРНК у протозукариота потребовал бы массивированной перестройки генома, распада всех оперонов и появления тысяч новых промоторов для индивидуализирующихся генов. Сложно представить себе причину, по которой это было бы адаптивно для клетки, и еще сложнее найти причину, по которой система пришивания и узнавания кэпа вообще возникла.

Эти особенности эукариот находят объяснение, если допустить, что в их появлении участвовали, помимо архейного и бактериального партнеров, еще и вирусы.

Вирусное происхождение отдельных компонентов эукариотической клетки не вызывает сомнения. Так, фермент теломераза происходит от обратной транскриптазы ретровирусов, а часть генетического аппарата митохондрий — ДНК-полимераза, РНК-полимераза и праймаза — от Т-четного бактериофага, встроенного в геном бактериального предка митохондрий. Однако есть и более радикальное мнение о роли вирусов в появлении эукариотической клетки — вирусная теория происхождения ядра.

Эту теорию в современном виде выдвинули вирусологи Филипп Джон Белл и Масахара Такемура (Bell, «Journal of molecular evolution», 2001, 53, 3, 251—256, doi: 10.1007/s002390010215; Takemura, «Journal of molecular evolution», 2001, 52, 5, 419—425, doi: 10.1007/s002390010171; Bell, «Annals of the New York Academy of Sciences», 2009, 1178, doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04994.x). Они утверждают, что ядро эукариотической клетки происходит от крупного ДНК-вируса, заразившего древнюю архею, перешедшего в лизогенное состояние и постепенно взявшего клетку хозяина под полный контроль. (Лизогения — сосуществование бактериальной клетки с умеренным фагом, в отличие от лизиса — убийства фагом бактерии.) На протяжении 2000-х годов другие ученые практически не рассматривали эту теорию всерьез, но в по-



следнее время она стала набирать популярность — так, к ее развитию подключился крупнейший французский вирусолог Патрик Фортерре.

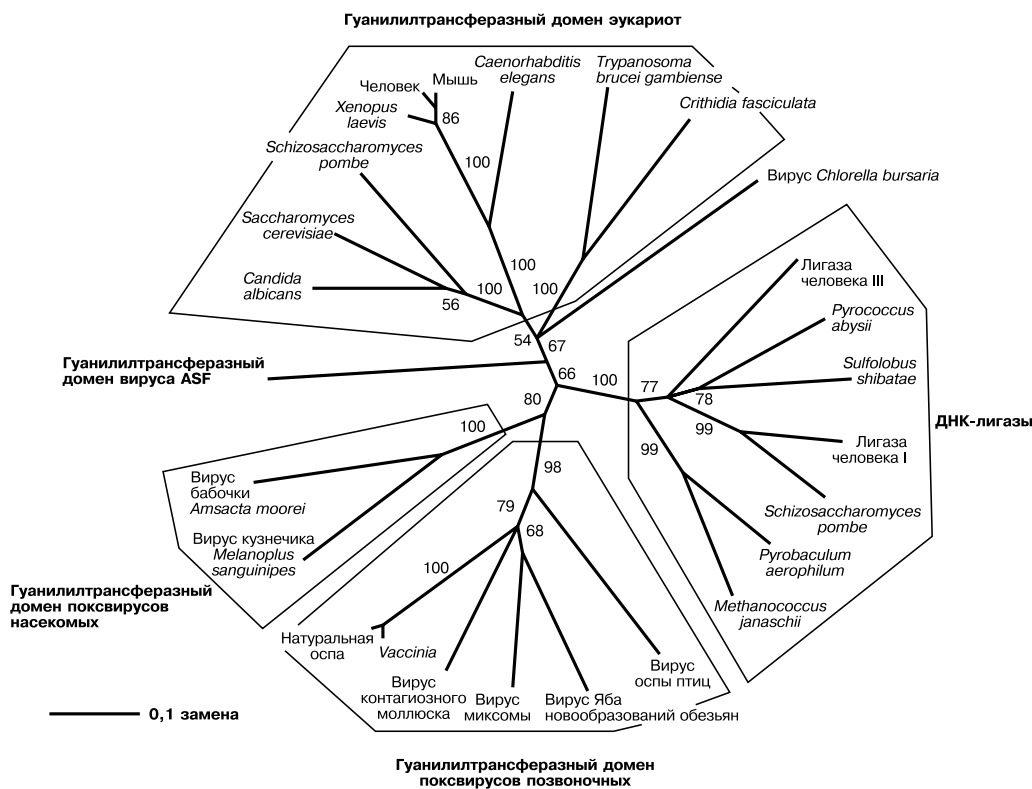
К крупным ДНК-вирусам (LNCVDV, Large Nucleo-Cytoplasmic DNA Viruses) относятся, например, поксвирусы (из них широко известен возбудитель оспы) и мимивирусы (недавно открытая группа вирусов-паразитов амёб и морских водорослей). Они имеют крупный и сложный вирион, покрытый несколькими мембранами. Внешняя мембрана сливается с плазматической мембраной клетки при заражении, и в цитоплазму попадает вирион, окруженный двумя внутренними мембранами. Эти мембраны местами сливаются между собой, образуя некое подобие ядерных пор, они выстланы изнутри белками капсида, аналогичными белкам ядерной ламины. В такой форме вирус долго существует в цитоплазме, в нем происходят транскрипция, экпирование и полиаденилирование РНК, экспорт зрелых РНК в цитоплазму через поры вириона. Активные вирионы вируса оспы раньше называли «мини-ядрами», а вирион мимивируса по размеру почти не уступает ядру клетки-хозяина.

Сходство LNCVDV с ядром эукариот наблюдается по многим признакам:

- генетический материал ограничен двухслойной липидной оболочкой с белковым каркасом;
- транскрипция и трансляция разделены в пространстве (транскрипция идет внутри вириона, трансляция — в цитоплазме клетки-хозяина);
- мРНК активно экспортируется через поры в мембранной оболочке;
- геном состоит из линейных молекул ДНК с тандемными повторами на концах;
- расхождение дочерних молекул ДНК при делении может сопровождаться исчезновением оболочки.

Геном таких вирусов представлен линейной двухцепочечной ДНК длиной до 200 тысяч пар нуклеотидов у поксвирусов и более миллиона — у мимивирусов, что сравнимо с размером самых малых бактериальных геномов. Открытые в 2013 году пандоравирусы имеют геном размером до 2,5 миллионов пар нуклеотидов, что соответствует геному средней свободноживущей бактерии. Для репликации ДНК эти вирусы разбирают вирион, а по мере накопления вирусной ДНК в цитоплазме клетки собираются новые вирионы, которые окружаются впячиваниями эндоплазматического ретикулума и плазматической мембраны. Экпирование, полиаденилирование, а часто и синтез дезоксирибонуклеотидов и восстановление рибозы при размножении этих вирусов осуществляют их собственные ферменты, без участия клеточных белков.

Проведенный Беллом филогенетический анализ гуанилилтрансфераз — ферментов пришивания кэпа — показывает, что ферменты современных вирусов образуют на древе единую самостоятельную ветвь, а ферменты эукариот — другую. Перемешивания между ними нет, это означает, что не было многократных переносов гена между вирусами и их хозяевами.



2
Филогенетическое дерево гуанилилтрансфераз (Bell, 2001)

Чтобы понять, какой из узлов дерева гуанилилтрансфераз самый древний и соответствует предковому ферменту, к ним добавлены родственные ферменты — АТФ-зависимые ДНК-лигазы. Это более древние белки, предковые по отношению к гуанилилтрансферазам, соответственно ближайший к ним узел гуанилилтрансферазной части дерева укажет нам первую гуанилилтрансферазу в истории. Оказывается, она принадлежала вирусам — одна ветвь ее потомков содержит ферменты поксвирусов, другая — фермент вируса ASF (африканской чумы свиней — African swine fever). Гуанилилтрансферазы эукариот происходят от фермента вирусной линии, давшей начало вирусу ASF. Это доказывает, что кэпирование мРНК, как и другие инновации в генетических системах, появилось сначала среди вирусов и лишь затем было заимствовано эукариотами (рис. 2).

Для вирусов, в отличие от клеток, есть очевидная выгода в создании такой системы. Это средство перехвата управления рибосомами хозяина: белок — предок eIF4E присоединяется к рибосомам, после чего они узнают только кэпированные вирусные мРНК, останавливая синтез белков клетки. У мимивируса обнаружен собственный белок-аналог eIF4E, роль его пока непонятна. Аналогичным образом полиаденилирование РНК продлевает их существование в цитоплазме и тоже могло быть сначала адаптацией вируса. Возможно, вирусный фермент когда-то разрушал хозяйские матричные РНК, не имеющие поли-А хвоста.

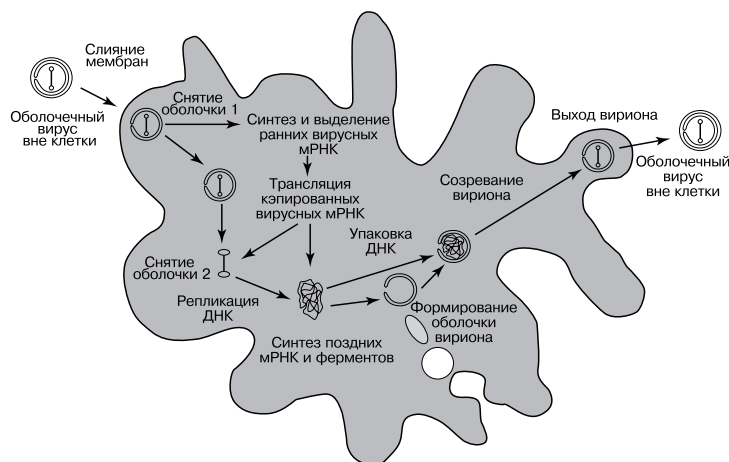
Такемура обратил внимание на другой ключевой фермент эукариот, ДНК-полимеразу альфа. Как мы помним из предыдущих номеров, главная ДНК-полимераза эукариот, полимеразы дельта, которая синтезирует основную часть новой ДНК, унаследована от архей. Полимераза альфа строит первые несколько десятков нуклеотидов новой цепи после РНК-праймера, после чего уступает место полимеразе дельта. В пробирке возможен синтез новой ДНК с помощью одной только полимеразы дельта, но в клетках эукариот этого не происходит. Полимераза альфа, судя по филогенетическим деревьям, получена предком эукариот от вирусов группы

LNCDV; родственные, но менее сходные полимеразы встречаются у хвостатых бактериофагов.

Наконец, Патрик Фортерре связал с вирусами происхождение огромного количества эукариотических белков, не имеющих гомологов среди бактерий и архей (Forterre, «Research in microbiology», 2011, 162, 1, 77—91, doi: 10.1016/j.resmic.2010.10.005). По последним оценкам, общий предок современных линий эукариот уже имел более 1400 таких белков. Среди них преобладают вспомогательные белки цитоскелета и ДНК-связывающие белки, в структуре которых присутствуют многочисленные короткие повторы. Вирусы, особенно крупные, содержат много генов, не похожих ни на какие гены клеточных организмов, а часто — и на гены других вирусов. Кодированные ими белки тоже часто имеют множественные короткие повторы. Низкая точность вирусных полимераз, интенсивная рекомбинация и гонка вооружений с хозяевами приводят к очень быстрой эволюции вирусных белков по сравнению с клеточными, поэтому вирусы — обильный

источник принципиально новых белков.

По предложенному Беллом сценарию, вирус, ставший предком ядра, паразитировал на метаногенной архее с клетками разветвленной формы, не имевшей клеточной стенки (Bell, «Journal of Theoretical Biology», 2006, 243, 1, 54—63, doi: 10.1016/j.jtbi.2006.05.015). Такие археи есть и сейчас, например, *Methanoplasma elizabethii*; разветвленная форма позволяет им плотнее контактировать с выделяющими водород бактериями-ацетогенами. Как и у многих современных LNCDV, зрелые частицы этого вируса были покрыты тремя мембранами, внешняя из которых сливалась с мембраной заражаемой клетки, а две внутренние имели поры, пропускавшие РНК и другие молекулы из вируса в цитоплазму клетки и обратно. Такие мембранные оболочки современных вирусов строятся из цистерн эндоплазматического ретикулума клетки-хозяина, а у археи, не имевшей внутренних мембран, для их построения использовалась внешняя мембрана клетки. От



3
Предполагаемый цикл развития вируса — предка ядра (Bell, 2006)

мембраны клетки-хозяина отшнуровывались круглые пузырьки, которые затем складывались в двухслойное полушарие, окружали реплицированную вирусную ДНК и выходили из клетки, покрываясь при этом третьей мембраной (рис. 3). Подобным образом одеваются мембранами частицы бактериофага PRD1, и в его случае все манипуляции с мембранами производят только вирусные белки.

Ключевым моментом превращения вируса в ядро должен был стать, как мы уже упоминали, переход такого вируса в лизогенное состояние. Многие вирусы способны переключаться между литическим жизненным циклом (быстрое размножение с гибелью клеток хозяина) и лизогенным существованием — скрытой инфекцией, практически не влияющей на жизнеспособность хозяина. Лизогенное состояние достигается двумя способами: можно интегрировать свой геном в геном хозяина и пользоваться хозяйскими системами репликации или же, переключив активность вирусных генов, постоянно существовать в цитоплазме. В этом случае вирус временно превращается в плазмиду — автономную молекулу ДНК. Он тоже может пользоваться хозяйской системой репликации, но ему нужны собственные механизмы контроля количества копий. Если он будет отставать в репликации от генома хозяина, то деления хозяина будут часто порождать незараженные клетки, а если репликация вируса будет слишком активной, то он будет снижать жизнеспособность хозяина.

Большинство лизогенных бактериофагов и крупные плазмиды поддерживают свое число копий минимальным и используют специальную систему разделения копий по дочерним клеткам, похожей на ту, которая разделяет хромосомы в клетках современных эукариот. Эта система обычно включает в себя белок, обратимо полимеризующийся в нити, центромерные участки ДНК (то есть участки, к которым должны прикрепляться нити веретена деления и в которых соединяются сестринские хромосомы до того, как разойдутся по разным клеткам) и второй белок, связывающий центромеры с нитями первого белка. Запуск полимеризации нитей растаскивает две копии плазмиды или вирусной ДНК по двум концам удлинённой делящейся клетки. У некоторых плазмид, например R1, белок нитей похож на актин, у других встречаются гомологи тубулина. Плазмиды, не способные образовывать вирионы, имеют другой путь горизонтальной передачи в незараженные клетки — конъюгацию, образование специальных контактов между бактериальными клетками, по которым передается плазмидная ДНК.

И конъюгативные плазмиды, и лизогенные вирусы обычно способны отличить уже зараженные их собратьями клетки от «чистых», чтобы предотвратить бесполезное повторное заражение. Такое распознавание работает только в пределах близких видов вирусов, поэтому клетка может быть заражена одновременно несколькими разными лизогенными вирусами. Однако стабильная лизогенная инфекция несколькими вирусами требует, чтобы они использовали разные, несовместимые системы разделения копий по дочерним клеткам, иначе первое же деление клетки разносит разные лизогены по разным клеточным линиям.

Лизогенные вирусы, такие как N15, и плазмиды, как R1, уже имеют цикл размножения, напоминающий митоз: они реплицируются однократно, после чего две копии остаются связанными в центромерном регионе. Дальнейшая репликация блокируется до тех пор, пока полимеризация нитей не растащит две копии далеко друг от друга. Гигантский вирус — предок ядра, в отличие от N15 и R1, имел оболочку вириона. Поэтому ему приходилось разбирать оболочку на время репликации и деления и восстанавливать ее для транскрипции генов, что еще ближе к митозу.

Следующим шагом от вируса к ядру стала потеря литического пути размножения. Вирус оказался «в одной лодке» с



хозяином, и теперь давление отбора, во-первых, требовало минимизации вреда хозяину, во-вторых, создания механизма конъюгации для заражения новых хозяев. Второе было очень просто, так как вирус уже обладал белками, вызывающими слияние мембран. Достаточно было перенести их с оболочки вириона на плазматическую мембрану, чтобы, во-первых, получить возможность слияния клеток зараженного хозяина с незараженным и, во-вторых, улучшить способности хозяина к фагоцитозу за счет слияния двух его собственных псевдоподий вокруг добычи. На этой стадии использование кэпов и eIF4E для подавления трансляции генов хозяина стало опасным, и многие жизненно важные гены хозяина были перенесены в геном вируса под его управление. Современные мимивирусы содержат сотни генов, недавно перенесенных из генома хозяина, так что сценарий не выглядит нереальным. Затем кэпы пригодились для того, чтобы ограничить и поставить под контроль транскрипцию огромного количества генов, проникших в цитоплазму из перевариваемых клеток с переходом к фагоцитозу. Поглощенные чужеродные ДНК могли транскрибироваться в цитоплазме, но получаемые при этом мРНК не имели кэпов и не узнавались рибосомами протозукариотной клетки, оснащенной белком eIF4E. Необходимые митохондриальные гены переносились в ядро под контроль его систем регуляции. В итоге кольцевой геном архейного предка исчез совсем, а митохондриальные геномы сократились до считанных десятков генов.

Происхождение мейоза и полового цикла требует взаимодействия между разными штаммами такого лизогенного вируса. Два штамма, достаточно разных, чтобы опознавать друг друга как «чужих», но еще с одинаковыми системами сегрегации, могли вызывать слияние мембран своих клеток с последующей репликацией обоих вирусных геномов. Идентичность центромер и центромер-связывающих белков приводила к тому, что все четыре генома оказывались склеенными вместе по центромерам. Рекомбинационные белки, необходимые для достройки теломер вируса, могли в этот момент вызывать рекомбинации между геномами разных штаммов, аналогичные кроссинговеру. Деление хозяйской клетки приводило к разделению вирусных геномов по два в каждую дочернюю клетку, они оставались связанными по центромере и не реплицировались. Второе деление хозяина окончательно разделяло вирусные геномы и разрешало их репликацию. Естественный отбор мог закрепить такое поведение, потому что рекомбинация между двумя вирусными геномами в одной клетке позволяет им избавиться от вредных мутаций. Нечто подобное показано для вирусов с ультрафиолетовыми повреждениями после дезинфекции: при заражении одной клетки несколькими поврежденными вирусами из их геномов собирается один работоспособный и происходит успешное размножение (Barry, «Virology», 1961, 14, 4, 398—405, doi: 10.1016/0042-6822(61)90330-0).

Итак, вирусная теория происхождения ядра лучше других объясняет такие особенности эукариот, как кэпирование и полиаденилирование мРНК, отсутствие оперонов, митоз, мейоз



и половые процессы. Она объясняет также происхождение систем слияния мембран и отщуровки мембранных пузырьков. Серьезными доказательствами в ее пользу могут стать:

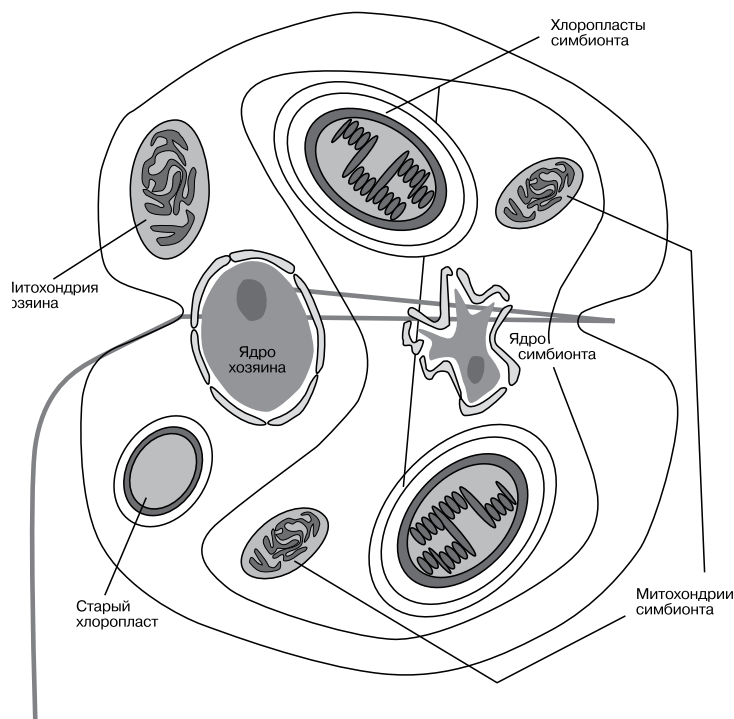
- обнаружение среди вирусов архей близких родственников LNCDV-вирусов;
- обнаружение у архейных вирусов системы кэпов;
- находка вирусных гомологов белков мейоза.

К сожалению, архейные вирусы пока остаются практически terra incognita.

Участие вируса в симбиозе, давшем начало эукариотам, снимает многие проблемы взаимодействия архейного и бактериального геномов в одной клетке и защиты от попадания чужеродной ДНК при фагоцитозе. Вирусы, особенно LNCDV, обладают изощренными механизмами для манипуляции чужими генетическими системами. Благодаря транскрипции внутри вирусной частицы, наличию кэпов и полиаденилированию матричных РНК вирус мог поддерживать функционирование зараженной клетки, несмотря на мощный поток чужих генов из фагоцитированных бактерий.

Используя вирусное наследие, эукариоты смогли подчинить сначала альфа-протеобактерий, ставших митохондриями, затем цианобактерий, ставших хлоропластами, а потом множество других бактерий. Всякий раз, когда эукариотам требовался какой-нибудь экзотический биохимический путь, они брали на работу бактерий, уже владеющих им. Так, десятки групп глубоководных животных независимо приручили хемосинтетические бактерии, окисляющие сероводород или метан. Азотфиксация, разложение целлюлозы, синтез витаминов и многое другое эукариоты делают благодаря симбиотическим бактериям. Более того, эукариоты способны вступать в эндосимбиоз с другими эукариотами. Гигантская группа водорослей, в том числе бурые, золотистые, диатомовые, криптофитовые, гаптофитовые и динофлагелляты, произошла от хищного жгутиконосца, приручившего одноклеточную красную водоросль. Следы этого симбиоза видны в четырехмембранных хлоропластах большинства представителей этих групп, а также в нуклеоморфе — маленьком остатке ядра красной водоросли между второй и третьей мембраной хлоропласта криптофитовых водорослей.

Вершиной же манипулятивных талантов вируса, ставшего ядром, можно считать клетку динофлагелляты *Kryptoperidinium*. Эта одноклеточная водоросль происходит от динофлагеллят, имевших хлоропласт, который был потомком красной водоросли, но затем перешедших к хищному образу жизни. Старый хлоропласт остался у них в качестве маленького фоторецептора. Потом эти хищные жгутиконосцы вступили в симбиоз с диатомовой водорослью, которая сохранила ядро и значительную часть генома. В клетке *Kryptoperidinium* под управлением ядра находятся еще пять геномов: митохондриальный, старого хлоропласта, ядро симбионта, митохондриальный геном симбионта и хлоропластный геном симбионта (рис. 4, Figueroa и др, 2009, «Protist», 160(2), doi: 10.1016/j.protis.2008.12.003). Деление ядер хозяина и симбионта строго синхронизировано. Более того, при половом размножении происходят мейоз и слияние как главных ядер



4

Схема строения клетки *Kryptoperidinium*

(<http://www.polypompholyx.com/2013/05/organism-of-the-week-14/>)


половых клеток, так и ядер симбионтов. Наконец, в этом симбиозе может быть и четвертый уровень — иногда *Kryptoperidinium* сам становится симбионтом, поселяясь в клетках медузы *Cassiopea*!

С другими причудливыми примерами перемещения хлоропластов между клетками можно ознакомиться в статье Патрика Килинга («American Journal of Botany», 2004, 91, 10, 1481—1493, doi:10.3732/ajb.91.10.1481). Популярный рассказ о том же размещен на известном читателю «Химии и жизни» ресурсе fieldofscience.com (<http://skepticonwonder.fieldofscience.com/2010/06/criminally-photosynthetic-myriofecta.html>).

И конечно, нужно заключение, раз уж мы подобрались к концу цикла. Итак, мы последовательно рассмотрели этапы биогенеза — от синтеза химических элементов в звездах и до образования эукариотной клетки. Мы видели, как сложные системы, казалось бы, неработоспособные без любой детали, могли эволюционировать из более простых благодаря смене функций. Были найдены удовлетворительные сценарии для большинства маловероятных событий на пути возникновения жизни — от появления хиральной чистоты первых биомолекул до возникновения сложно организованной клетки эукариот, объединившей в себе детали бактерий, архей и вирусов.

Мы часто повторяли, что в той или иной области наши знания не полны, поэтому свежие интересные новости на эту тему еще будут. Однако возникновение живого из неживого уже не может претендовать на звание неразрешимой загадки.





Мне тебя сравнить бы надо



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

Кто искусней шимпанзе?

Кто сильнее: кит или слон? Кто храбрее: лев или тигр? Кто умнее: шимпанзе или ворона? Можно, конечно, сказать, что это глупые детские вопросы, а можно и вспомнить, что глупых вопросов не бывает, и попытаться найти ответ, тем более что сравнительные способности шимпанзе и ворон волнуют не только детей, но и серьезных ученых.

Речь идет о новокаледонских воронах *Corvus moneduloides*. Эти птицы попали в поле зрения исследователей позже, чем шимпанзе. За ними сложно наблюдать: они живут лишь на нескольких островах Южной Пацифики, а в неволе — всего в четырех лабораториях. Новокаледонские вороны прославились тем, что в естественных условиях клювом выкусывают из веточек и листьев крючки и палочки, с помощью которых выковыривают из-под коры личинок насекомых. Обратите внимание — *C. moneduloides* не просто используют веточку, но и совершенствуют ее форму. А когда в лаборатории Оксфордского университета смышленная птица согнула из проволоки крючок, с помощью которого подцепила и вытащила из стеклянного цилиндра ведерко с лакомством, восторгу исследователей не было предела. Более того, оказалось, что,

если предложить вороне готовый крючок, она его непременно поправит, как будто представляет заранее, какой формы орудие ей нужно. Способности новокаледонских ворон были так новы, неожиданны и впечатляющи, особенно по сравнению с другими врановыми птицами, которые в естественных условиях орудия труда не используют, что их стали сравнивать с шимпанзе — признанным лидером в области технологий среди животных.

До недавнего времени шимпанзе *Pan troglodytes* вообще считали единственным видом обезьян, который изготавливает и использует орудия труда. Однако в последние десять лет исследователи обнаружили орудийную деятельность у суматранских орангутанов *Pongo abelii*. Есть у них также подозрения, что орудия труда изготавливают бородатые капуцины *Cebus (Sapajus) libidinosus* родом из Бразилии и бирманские длиннохвостые макаки *Macaca fascicularis aurea*, но это еще надо доказать. Речь идет о поведении животных в естественных условиях. В лабораториях все человекообразные обезьяны прекрасно используют орудия труда, если предоставить им возможности, а вот в природе... За десятилетия полевых исследований ни среди гиббонов и горилл, ни среди борнейских орангутанов *Pongo pygmaeus* и шимпанзе бонобо *Pan paniscus* пользователи орудий труда не обнаружены, и даже самих орудий ученые не нашли, хотя искали упорно. И это несмотря на то что борнейские орангутаны живут примерно в таких же условиях, что и суматранские, а бонобо — ближайшие родственники шимпанзе.

Шимпанзе часто фотографируют с прутиком, которым они выуживают муравьев и термитов из узких подземных ходов. Но теперь редкая статья об орудийной деятельности животных обходится без изображения новокаледонской вороны с

веточкой в клюве. И многие специалисты всерьез заговорили о том, что новокаледонские вороны в области изготовления и использования орудий труда не уступают шимпанзе.

Сравнение млекопитающего и птицы не так странно, как может показаться на первый взгляд. У шимпанзе и новокаледонских ворон много общих черт. Они всеядны: питаются растениями, овощами и беспозвоночными. Обитают они в сходных ландшафтах, на границах лесов и лугов (иногда сельхозугодий). Мозг у тех и других большой по меркам их таксономических групп. Для обоих видов характерна активная звуковая коммуникация, причем в разных популяциях свои диалекты. И те и другие вьют простые гнезда, хотя и с разными целями. К тому же их настолько хорошо изучили в природе, в лабораториях и в полевых экспериментах, что появилась возможность сравнить шимпанзе и новокаледонских ворон и ответить на вопрос, кто искуснее.

Мастера манипуляции

Главная проблема заключается в выборе критериев сравнения. Оба вида изготавливают и используют орудия труда, и что дальше? Но ответ можно найти, если учесть, какими способами орудия изготавливают, как и с какой целью используют, комбинируют ли их друг с другом в процессе применения и если да, то как. За годы наблюдений материала у исследователей накопилось достаточно, осталось только его систематизировать и оценить количественно, иными словами, заняться классификацией данных. За эту работу с энтузиазмом взялся профессор Кембриджского университета, специалист в области эволюционной приматологии Уильям Мак-Грю («Philosophical Transactions of the Royal Society B», 2013, 368, 20120422, doi: 10.1098/rstb.2012.0422). Он использовал классификацию, разработанную исследователями из Университета Джона Хопкинса, авторами книги «Орудийное поведение животных, использование и изготовление орудий животными». Обложку книги, как положено, украшают фотографии обезьяны с палочкой и новокаледонской вороны с веточкой.

Профессор Мак-Грю сравнил шимпанзе и новокаледонских ворон по четырем параметрам: методикам изготовления инструментов, режимам их использования, функциям, которые они выполняют, и типам комбинаций орудий труда. При этом он учитывал только те события, которые происходят в естественных условиях и характерны для многих представителей вида, — гениальные озарения отдельных уникалов его в данном случае не интересовали.

Начнем мы с изготовления орудий труда, под которыми подразумевают любую модификацию природного объекта или уже существующего орудия, чтобы он служил более эффективно. В мире животных есть, оказывается, четыре методических приема для изготовления орудий труда, и шимпанзе используют их все. Первый — очистка. Обезьяны руками и губами обдирают стебли и палки от боковых побегов и листьев. Тщательность очистки и сила, которую прикладывают шимпанзе, может заметно варьировать. Второй прием — подгонка по размеру. Палку делают такой длины и диаметра, чтобы она пролезала в нужную щель. Третий метод — изменение формы предмета. Так, шимпанзе складывают листья в форме ковшика, которым можно зачерпнуть воды из дупла и напиться. И наконец, измельчение. Обезьяны раздирают оборванные листья и делают из этого крошева губку.

Вороны тоже очищают веточки и делают полоски из длинных жестких листьев пандануса, укорачивают палочки и удаляют сучки, которые мешают просунуть их в отверстие коры. Завершая изготовление крючка, птицы загибают кончик веточки, удаляют кусочки древесины, затачивают конец, могут в несколько раз сложить широкий лист пандануса. Измельчения у них не заметили.

Когда орудие сделано, им манипулируют. Оказывается, это можно сделать двадцатью двумя способами, из которых шимпанзе в естественных условиях применяют двадцать. В перечне бросание вниз и вперед, блокировка, растирание, впитывание, нажим, тыканье и многое другое. Лучше перечислить несколько примеров, которые приводит Уильям Мак-Грю, а вы обращайте внимание на глаголы. Измельченные листья шимпанзе используют как губки. Их суют в дупло с водой, губки впитывают воду, и обезьяны пьют. Это универсальная технология, которую исследователи обнаруживали во всех популяциях шимпанзе, за которыми наблюдали. Иногда дикие обезьяны обматывают шею лианами или шкурами животных и расхаживают в таком виде, причем не известно ни одного случая, когда бы шимпанзе задохнулся из-за своего наряда. Шимпанзе обрывают ветки с листьями и используют как «перчатки», когда карабкаются по колючим растениям. Из листьев же могут сделать подушку, чтобы мягче было сидеть. Листьями швыряются, шуршат или с треском их разрывают, чтобы привлечь внимание других животных или вовлечь в игру сверстников. Листья складывают, чтобы получился простейший кулек для питьевой воды. Их используют как салфетки, стирая с тела кровь, фекалии, другую грязь.

Палочки и веточки играют роль «удочек» для добычи термитов, муравьев, меда из пчелиных гнезд. Иногда палки оставляют в отверстии, чтобы насекомые не могли его заделать. В следующий раз обезьяна просто вытаскивает «пробку» и удит через дырочку. А если подходящего отверстия нет, то его легко проделать заостренной палочкой. Ее же используют как рычаг для расширения отверстий или для того, чтобы сдвинуть камень. Разумеется, шимпанзе тыкают ветками в спящих собратьев или найденных мертвых животных.

Заостренными палочками почесывают спину в тех местах, до которых не дотянуться руками. Палками выкапывают корни из земли. Палками и ветками кидают друг в друга, добычу и хищников, потрясают ими (и другими предметами тоже), чтобы выразить свое враждебное отношение или утрашить соперника. Особенно этим увлекаются самцы. Они и дерутся палками, а иногда и камнями. Не забудем также каменные и деревянные «молотки», с помощью которых шимпанзе колют орехи.

По длинному шесту, поставленному вертикально, можно добраться до нужной ветки, а в неволе перебраться через стену. Один шимпанзе таким образом сбежал из лаборатории. Он же втыкал палочки в щели стены и использовал их потом как ступеньки.

Мы уже упоминали: в неволе обезьяны иногда делают то, что несвойственно им в природе. Так, шимпанзе обычно не разрезают листья или веточки, а разгрызают их. Однако в зоопарках и лабораториях они используют предметы с острыми краями, камни например, чтобы разрезать веревку. Они также собирают для отдыха веревки и куски ткани.

Новокаледонские вороны знают лишь четыре режима использования орудий труда в природе и в неволе. Они бросают орехи с ветвей на камни, чтобы разбить их. В неволе вороны бросают камни в сосуд, чтобы поднять уровень жидкости и добыть плавающее на ней лакомство. Вороны вставляют черешки листьев, веточки, стебли в полости, чтобы вытащить добычу, например личинок жуков. Стеблями травы они тычут в ящериц, которые прячутся в щелях, заставляя их покинуть убежище. Вороны в неволе могут с помощью веточек-зондов исследовать незнакомые предметы или доставать их из-за барьера, но в природе такое поведение никто не наблюдал.

Цели, средства и хитрые комбинации

Одно и то же действие можно совершать с разными целями. Например, обезьяна кладет палку на опору и нажимает на нее. Получается рычаг, который увеличивает силу шимпанзе и позволяет ей сдвинуть тяжелый предмет. Но точно так же обезьяна будет обращаться с палкой, чтобы отломить от нее

лишний кусок, то есть структурно модифицировать объект. В то же время для достижения одной цели можно использовать разные инструменты. Поэтому если кто-то взялся за палку или камень, важно знать зачем.

Специалисты насчитали семь возможных целей использования орудий труда, шимпанзе реализуют шесть из них. Первая — увеличение силы. Для этого палки задействуют как рычаги или кидают в противника или добычу камни и ветки, чтобы сразить его. Еще одна функция — усиление производимого впечатления. Обезьяны драпируются в шкуры, потрясают камнями и ветками, с треском разрывают листья, приманивая самку. Когда шимпанзе собирают губкой воду или обтирают листьями грязную шерсть, их цель, согласно классификации, заключается в манипуляции вещами, ни больше ни меньше. Очень важно позабиться о собственном комфорте, и обезьяны защищают конечности листьями. Палки-зонды, веточки для ужения, предметы, которые шимпанзе бросают в добычу, расширяют зону их досягаемости. Шимпанзе даже играют разными предметами, у них есть «куклы». Единственное, чего они не делают, так это не пользуются камуфляжем.

Цели ворон гораздо скромнее и прагматичнее. Эти птицы берутся за палочку, чтобы дотянуться до глубин, в которые не пролезает клюв, и увеличивают силу, призвав на помощь гравитацию и кидая орехи с высоты на твердый камень.

Веточки и палочки — довольно простые инструменты, но можно ведь пользоваться не одним инструментом, а целым набором. Шимпанзе так и поступают. Самая известная их технология заключается в том, что они толстой палкой пробивают отверстие в термитнике, а затем берут гибкую веточку и с ее помощью выуживают насекомых из этого отверстия. Чтобы добыть мед из улья, шимпанзе используют набор, в который входит до пяти инструментов, применяемых последовательно.

Вторая технология — применение орудий, состоящих из нескольких частей, например молотка и переносной наковальни для разбивания орехов. Эти инструменты надо использовать комплексно, один без другого бесполезен. Еще один набор предназначен для удобного ужения муравьев. Шимпанзе вытаскивают их из гнезда с помощью длинных жестких палочек, но муравьи больно кусаются. Чтобы избежать укусов, обезьяны при возможности сооружают себе насест, например, из небольшого деревца рядом с муравьиным гнездом, чтобы быть от насекомых подальше. Но, строго говоря, использование насеста для успешного ужения не обязательно.

Специалисты выделяют также метаорудия, то есть вспомогательные орудия, которые повышают эффективность основного. Так, шимпанзе подпирают каменными клиньями камень, на котором они колот орехи. Укрепляя шатающуюся наковальню, они производят ее позиционную модификацию. Возможна и структурная модификация, для которой используют вторичные орудия. Проще говоря, шимпанзе берет камень и лупит им по другому, чтобы заострить, а потом вспомогательный камень выбрасывает и заостренным отрезает кусок веревки. Такое поведение исследователи наблюдали в лаборатории: веревка понадобилась обезьянам, чтобы достать лакомство. Использование одного орудия для изготовления другого — традиционная задача, которую ставят перед обезьянами исследователи, они же выдают животным необходимые инструменты и материалы. В природе такие исследования проводить сложно. Хотя специалисты видели, что дикие бородатые капуцины используют камни для обработки других камней, которые потом становятся молотками.

Есть еще сложные технологии для создания даже не орудий труда, а конструкций. Каждый дикий шимпанзе ежедневно делает одноразовое гнездо для сна из свежих веток, сломанных, переплетенных и облицованных листьями. Вторично их почти не используют, и они медленно разрушаются.

Новокаледонские вороны в естественных условиях не комбинируют орудия труда, но в неволе могут использовать их по-



следовательно. В эксперименте птицы берут короткую палочку, чтобы достать длинную веточку, которой затем вытягивают приманку из дырочки. Расширенная версия этой задачи включает дополнительный этап, когда для достижения цели необходимо еще и за ниточку потянуть.

Что касается гнезд, то, разумеется, новокаледонские вороны их вьют, но архитектура этих сооружений иная, чем у шимпанзе и других обезьян.

Еще один критерий, по которому Уильям Мак-Грю сравнил технологический уровень шимпанзе и новокаледонских ворон, это многофункциональность орудий труда. Птицам она не свойственна, а шимпанзе нередко используют одно и то же орудие для разных целей. Камень размером с дыню может служить им молотком (увеличение силы), метательным орудием, которое расширяет обезьянью зону досягаемости, или сигнальным устройством — размахивая камнем, обезьяна устрашает противника. О другом случае «Химия и жизнь» уже писала (2011, № 7). Шимпанзе делают из ветки кисточку, которая позволяет более эффективно выуживать термитов из гнезда, а неразмочаленным ее концом прочищают засорившиеся отверстия термитника.

Шимпанзе и новокаледонские вороны — превосходные изготовители и пользователи орудий труда, и каждый вид — чемпион в своей таксономической группе. Но когда мы количественно сравниваем их возможности, разница заметна. Новокаледонские вороны освоили меньше способов изготовления орудий труда, режимов их использования и возможных функций. У птиц ограниченный арсенал возможностей, направленный в основном на добывание пищи. И в этой области вороны достойно соперничают с шимпанзе, практически ни в чем им не уступая. Однако технологии человекообразных обезьян предназначены не только для самообеспечения, но и для удовлетворения иных потребностей. Тем не менее полученных данных, по мнению Уильяма Мак-Грю, недостаточно, чтобы признать бесспорный проигрыш новокаледонских ворон. Мы пока знаем о них гораздо меньше, чем о шимпанзе. Не исключено, что эти птицы нас еще удивят.

В приложении к статье Уильяма Мак-Грю есть таблицы с подробной классификацией всех целей, методов и технологических особенностей. Те, кому этого недостаточно, могут обратиться к книге, которой пользовался исследователь: Shumaker RW, Walkup KR, Beck BB. 2011 «Animal tool behavior, the use and manufacture of tools by animals». Revised and updated edition. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Железный век млекопитающих

Новая жизнь зарождается в тени старой. Млекопитающие, возникшие в триасовом периоде, 180 миллионов лет прожили «незаметными мышками» и только в конце мелового периода вышли на авансцену. Десятки миллионов лет разделяют возникновение покрытосеменных (цветковых) растений и их повсеместное распространение, также начавшееся в середине мелового периода. Распространение покрытосеменных и процветание млекопитающих, безусловно, связаны друг с другом, и ученые разрабатывают разные сценарии взаимодействия. Последние 30 лет принесли множество новых данных. Находок столько, что исследователю остается между ними похаживать, с разных точек зрения поглядывать и делать выводы.

Первые млекопитающие появились в триасовом периоде, около 240 миллионов лет назад: мелкие зверушки с четырехкамерным сердцем, благодаря которому не смешивалась артериальная и венозная кровь; с костным небом, позволяющим дышать во время еды; с ускоренным метаболизмом. Живорождения еще не было — первые млекопитающие чинно откладывали яйца.

Покрытосеменные, согласно молекулярным данным, возникли в позднем триасе. Исследователи находят окаменевшую пыльцу и остатки растений, которые относятся к началу мелового периода, 131—139 миллионов лет назад. Однако настоящее распространение покрытосеменных, увеличение их разнообразия и численности началось позже, 90—118 миллионов лет назад, в середине мелового периода, и к его концу цветковые растения составляли значительную часть флоры. Хотя они и не отличались особым разнообразием, но были повсюду и в достаточном количестве.

Образование покрытосеменных считают одним из самых значительных событий мелового периода. Параллельно с цветковыми эволюционировали их первые опылители: жуки, бабочки и перепончатокрылые — пчелы и шмели. Распространение цветковых растений повлияло также на птиц и млекопитающих. На травоядных сказалось изменение пищевых ресурсов: можно было есть листья, цветки, плоды, сначала сухие и мелкие, но затем все

более крупные и мясистые, и семена. Для насекомоядных не прошло бесследно изменение видового состава насекомых. Казалось бы, разнообразие млекопитающих должно было возрасти параллельно распространению покрытосеменных растений. Так и произошло, однако не сразу. Поначалу изменение растительного мира оказалось для млекопитающих сильнее стрессом.

Проблемой эволюции млекопитающих, связанной прямо или косвенно с изменением растительного сообщества, заинтересовались профессор университета Индианы Дэвид Полли и аспирант Чикагского университета Дэвид Гроссникль («Philosophical Transactions of the Royal Society B», 2013, 280: 20132110, doi: 10.1098/rspb.2013.2110). Поскольку их волновала проблема рациона, они исследовали то, чем едят: зубы и челюсти.



1 Многобугорчатый коренной зуб предположительно принадлежал представителю отряда *Multituberculata* — крысовидному травоядному *Meniscoessus robustus*, жившему в конце мелового периода. Это было по тем временам млекопитающее средних размеров весом около 3,3 кг

Прежде всего два Дэвида проследили, как изменяется на протяжении мелового периода форма коренных зубов (моляров) млекопитающих. Для этого они использовали музейные экземпляры. По форме зубов можно понять, чем питается животное. В начале мелового периода моляры млекопитающих были разнообразными. Преобладали зубы, снабженные острыми выступами раз-

ной формы. Среди обладателей таких моляров выделяются пять родов с трибосфеническими зубами, от греческих слов «трибо» — растираю и «сфено» — режу. Их острые вершинки соединены системой гребней, что позволяет и откусывать, и пережевывать куски. Трибосфенические зубы универсальны. Еще одна группа видов, мультитуберкуляты (*Multituberculata*), то есть многобугорчатые, названа так потому, что на жевательной поверхности их зубов расположены многочисленные бугорки. Моляры мультитуберкулят — превосходные жернова.

В середине мелового периода, когда покрытосеменные начинают свое победное шествие, одаривая мир цветками, сочными плодами и новыми видами насекомых, разнообразие зубов млекопитающих сокращается. Преобладают многобугорчатые и трибосфенические моляры, к концу периода практически только они и остались. У *Multituberculata* постепенно увеличивается количество бугорков на коренных зубах, что, по мнению исследователей, связано с развитием жилкования на листьях покрытосеменных. К концу мелового периода моляры многих мультитуберкулят напоминают коренные зубы современных жвачных. Остальные типы зубов постепенно исчезают вместе с их обладателями.

Дэвид Полли и Дэвид Гроссникль не только заглянули в зубы млекопитающим, но и исследовали их челюсти, по форме которых тоже можно судить о типе питания. Сначала они проанализировали параметры нижних челюстей 39 современных млекопитающих, относящихся к 32 семействам и 18 отрядам. Каждый вид ученые причислили к одному из четырех типов питания: насекомоядные; хищники и всеядные плотоядные; листовядные и травоядные; животные, поедающие плоды и семена. Изучив закономерности строения челюстей, присущие млекопитающим с определенным типом питания, исследователи проанализировали изображения 87 челюстей вымерших животных и определили, что они могли есть.

Челюсти травоядных и плотоядных с насекомоядными четко различаются. Млекопитающие раннего мела поедали преимущественно насекомых и других мелких животных. Постепенно среди



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

2
Нижняя челюсть *Didelphodon* и его трибосфенический моляр. Диделфодон — зверь крупный и всеядный

них появляется все больше травоядных, но по-настоящему этот тип питания утвердился в конце периода, когда численность покрытосеменных значительно возросла и они стали встречаться повсеместно. Насекомоядные и хищники тоже остались, но их челюсти стали очень похожи. Отличить их можно скорее не по форме, а по размеру: относительно крупные млекопитающие скорее всего не бабочек ловили, а маленьких молодых динозавриков. Это относится в основном к трибосфенидам. Хотя среди них появились травоядные, было достаточно и насекомоядных, и всеядных животных, и мелких хищников. Гораздо более заметный сдвиг в сторону травоядности произошел у мультитуберкуляты.

Относительно крупные хищники, не относящиеся к трибосфенидам и мультитуберкулятам, вымерли к середине мела, и до конца периода никто не занял эту нишу. И вообще, судя по морфологии челюстей, а также размерам челюстей и моляров, млекопитающие с середины мелового периода становятся мелкими и внешне похожими друг на друга. То есть особенно крупными они в то время и не были: высовываться было нельзя, их бы тут же динозавры сожрали, но в эпоху распространения покрытосеменных они стали совсем мелкими и оставались в таком размере, пока эти растения не утвердились на планете. Более крупные животные, трибосфениды *Didelphodon* и *Deltatheridium*, появились только к концу периода, размер позволял им хищничать. Диделфодон даже стал героем сериала Би-би-си «Прогулки с динозаврами».

Середина мелового периода — эпоха распространения покрытосеменных и увеличения их разнообразия. Таксономическое богатство млекопитающих тоже существенно возрастает, именно в это время среди трибосфенид появились сумчатые и плацентарные, составившие подкласс звери (*Theria*), и решительно потеснили другие виды. Однако меловой период нельзя считать временем

расцвета млекопитающих, скорее это их железный век. В середине мела они измельчали и, несмотря на увеличение количества видов, внешне стали «на одно лицо», разнообразие зубов также существенно сократилось. Травоядных и хищников было мало, преобладали мелкие насекомоядные. Таксон как будто съежился и затаился перед лицом серьезных изменений.

Судьба видов, переживших этот катаклизм, различна. Мультитуберкуляты подошли к концу мелового периода процветающим многочисленным отрядом, который насчитывал не менее 200 видов, в основном травоядных. Это были мелкие животные, размером от мыши до бобра, внешне напоминали грызунов, которые в конце концов их и вытеснили. Мультитуберкуляты вымерли примерно 30 миллионов лет назад, однако их нельзя назвать неудачниками. Они просуществовали 100 миллионов лет, дольше, чем любые другие млекопитающие. А трибосфенические виды стали предками современных млекопитающих. И у людей коренные зубы режущие и растирающие — можете подойти к зеркалу и посмотреть или пожевать что-нибудь, вдумчиво анализируя работу собственных моляров.

Существует несколько гипотез, объясняющих, почему млекопитающие мелового периода были мелкими и почти лишены внешнего разнообразия, почему поле боя осталось за нашими далекими предками и почему они добились успеха только в период распространения цветковых растений, хотя возникли много раньше. Если их объединить, получается следующая гипотетическая картина. Появление покрытосеменных и сопутствующие ему изменения экосистемы подействовали на млекопитающих как стрессор. Такие изменения в истории млекопитающих и их зверозубых предков всегда сопровождались вымиранием видов крупных животных и появлением мелких — именно они обживали новые экологические ниши, а уж затем увеличивались в размерах. Поэтому неудиви-

тельно, что в середине мелового периода преобладают мелкие млекопитающие. Что им есть? К поеданию покрытосеменных еще надо приспособиться. Хищничать размеры не позволяют. Остаются насекомые, привычная пища, благо их было вокруг достаточно — некоторые отряды возникли и распространялись вместе с покрытосеменными как опылители. Мелкие млекопитающие, как известно, вынуждены тратить на поддержание жизнедеятельности огромное количество энергии, поэтому среди них возрастает конкуренция за пищу, а конкуренция стимулирует эволюционные изменения и естественный отбор. Эта гипотеза объясняет, почему в середине мелового периода преимущество получили мелкие насекомоядные. А для потребления насекомых идеальны трибосфенические моляры, которыми так удобно разгрызать и жевать хитиновые тельца.

Некоторые специалисты полагают (наверняка тут ничего знать нельзя), что трибосфениды в этот период изменили способ передвижения. Многие из них перешли к лазанью по деревьям или просто на них поселились, а существование на деревьях вдали от наземных хищников продлевает срок жизни млекопитающего по сравнению с животным сходного размера, обитающим на земле. Вот и преимущество. А другое заключается в том, что трибосфениды, лазая по деревьям, выработали способность к захвату, которая могла сыграть ключевую роль в их будущем эволюционном успехе.

Меловой период — время великих перемен, не для всех благоприятных. Звери сумели его пережить и даже извлечь из него выгоду. Правда, сначала пришлось затаиться, пожертвовать внешним разнообразием, размерами и сменить рацион, зато потом они смогли в полной мере воспользоваться всеми преимуществами, которые предоставили им покрытосеменные растения: и мясистыми листьями, и сочными плодами, и питательными семенами, и множеством насекомых, а некоторые — даже теми животными, которые едят этих насекомых, плоды и листья. Главное не торопиться, не хотеть всего и сразу.

Н.Анина



ЕГЭ — игра в одни ворота?

С.Ю. Пономарев

Задачи для учителей

Отшуршала очередная школьная осень. И новогодний праздник с классом. И игра в снежки — так и не удалось добросить до окна химической лаборантской увесистый комок снега, какая обида! Поздравили организованно, зато все и всех, девочки мальчиков, мальчики девочек. А на майские праздники уже не до праздников, работать надо. Самая маленькая первоклашка на могучих плечах самого здорового выпускника звонит в колокольчик. И — все!

Остался только выпускной. Но перед ним — то, к чему готовились, то, что влияет на дальнейшую жизнь, — Единый государственный экзамен. А как все начиналось почти год назад, когда шуршала школьная осень?

Конец августа в школе, где химию изучают углубленно. Завуч разговаривает с директором.



— Почти весь выпускной класс будет сдавать ЕГЭ по химии. Кто и как будет их к этому готовить?

— А зачем готовить? Главное, чтобы предмет знали.

— Да, но непривычная форма контроля знаний!

— А что, они не пишут контрольные работы в формате ЕГЭ с начальной школы?

— Да нет же, у нас же приличная школа. У нас устные зачеты, переводные экзамены в конце года, контрольные работы.

— Ну так пусть напишут в течение года несколько раз пробные и демонстрационные варианты.

— Боюсь, что этого будет мало. Давайте организуем подготовку к ЕГЭ, благо времени на химию выделено достаточно.

— А кому поручим?

Пусть у нас в 11-м классе работают два хороших учителя — Учитель Молодой (УМ) и Учитель Опытный (УО). УМ считает, что детям нельзя врать и надо говорить, что при действии бромной воды на этен получается в основном 2-бромэтанол, а не 1,2-дибромэтан, а при восстановлении нитробензола цинком в соляной кислоте образуется не анилин, а хлорид фениламмония. УО с химической стороны мнения УМ согласен, однако считает методически правильным говорить детям те слова, которые от них ожидают услышать экзаменаторы. Но какие именно? Сложная задача стоит перед УО, ибо различны желания тех, кто принимает экзамены в школе, кто составляет ЕГЭ, кто принимает внутренние вступительные экзамены по химии в МГУ им. М.В.Ломоносова и кого увидят студенты в первую же сессию.

А в это время в другой школе, где химия не изучается углубленно, происходит разговор между завучем и учителем химии.

— План Расписаньевич, у меня двое ребят собираются сдавать ЕГЭ.

— Хорошие ребята, Аква Витальевна?

— Девочка более аккуратная, ответственная, мальчик разгильдяй, зато умный.

— Ну что ж, готовьте!

— А нельзя ли выделить для этого часы?

— Оплачиваемые? Постараемся выделить час кружка. Постараемся... а то у историка треть класса обществознание сдает.

Вечером того же дня звонок.

— Альдегид Фенолович? Добрый вечер. Мне вот вас порекомендовала моя родственница/знакомая/подруга/сослуживица. Вы в прошлом году занимались с ее сыном/дочкой/внучкой/племянником. У меня девочка поступает в этом году в медицинский. Не возьметесь подготовить по химии?

— Давайте встретимся, познакомимся. Как вашу родственницу/знакомую/подругу/сослуживицу-то зовут?

Отчего же не взяться-то? Будет на что маслице купить, чтобы на хлеб, в школе или институте научным заработанный, намазать! А еще несколько звоночков — и на икорку хватит к Новому году. Полупрозрачный слой к празднику...

Начинается подготовка к ЕГЭ

Первым делом нужно просто хорошо изучить предмет. Готовиться, просто решая варианты ЕГЭ, невозможно. Тест — это измеритель, яму с помощью рулетки не выкопаешь, для этого нужна лопата. Хотя случается всякое. В прошлом году попросили меня друзья с биологического факультета МГУ помочь разобраться с химией молодому человеку, биологу-первокурснику. Пришел такой длинный, лохматый. В течение первых пяти минут выяснилось, что юноша не знает, что такое моль

С.Ю.Пономарев — учитель химии, работал в Федеральном экспертном совете Министерства образования РФ и в Институте повышения квалификации и переподготовки работников народного образования Московской области. Автор учебника и задачника по химии, соросовский учитель

(в химии), затем с трудом уравнивал реакцию сульфата железа (III) со щелочью, мною написанную, и страшно обрадовался. У меня, естественно, возник вопрос, как он сдал ЕГЭ по химии. Оказалось, он в течение месяца решал варианты вместе с учительницей в школе, что-то запомнил, написал ЕГЭ на срок баллов, и для поступления этого хватило. Но это, конечно, большое везение, рассчитывать на него нельзя.

Однако, не решая тестов, подготовиться тоже нельзя. Мой опыт показывает, что успевающий ученик 11-го класса в школе с углубленным изучением химии решает в сентябре вариант ЕГЭ (предложенный без предупреждения и без подготовки) примерно на 60%. Потом процент выполнения повышается, к пятому решенному тесту результат выходит на плато и уже соответствует уровню знаний. Но и после этого ученику можно и нужно дать несколько советов о том, как лучше решать тестовую часть. А есть еще часть С, успешное выполнение которой предполагает наличие некоторых особых навыков.

Итак, изучаем предмет. Ученики УМ и УО скорее всего химию более или менее знают или знали, поэтому для них достаточно повторения. А вот Акве Витальевне и в особенности Альдегиду Феноловичу во многом придется начинать учить своих подопечных с самого начала. Так что же, всю химию за один год?

Оказывается, для успешной сдачи ЕГЭ, не обязательно знать всю школьную химию. Чтобы убедиться в этом, достаточно внимательно прочитать документ, опубликованный на официальном информационном портале ege.edu.ru, который называется «Кодификатор элементов содержания...». Из него следует, что далеко не все знания, полученные школьником, «являются объектом контроля» и «могут быть проверены в рамках ЕГЭ». Этот кодификатор можно использовать для составления программы подготовки к ЕГЭ, по крайней мере, в области общей и неорганической химии. Надо изучить и отработать следующие темы: строение атома, химическую связь, периодический закон Д.И.Менделеева, теорию электролитической диссоциации, реакции ионного обмена, основные классы неорганических соединений, гидролиз, окислительно-восстановительные реакции, электролиз. А еще научиться решать задачи на массовую долю, расчеты по уравнениям химических реакций, выход, избыток, смеси. После этого следует органическая химия, но о ней чуть позже. Однако знание вышеозначенных тем — еще не все, что требуется от выпускников.

Вопросы и ответы

При написании этой статьи я с особой внимательностью изучил два варианта — демонстрационный вариант ЕГЭ по химии 2013 года, опубликованный на том же портале ege.edu.ru, и Диагностическую работу № 2 по химии от 19 апреля 2013 года, опубликованную в системе СтатГрад. Я почувствовал, что с нами ведут какую-то игру — иногда аккуратно, а иногда достаточно топорно.

Вариант Демо построен так, что комару подточить нос крайне сложно. Те вопросы, которые могли бы вызвать недоумение, снабжены однозначными ответами. Например, вопрос АЗ:

Правильным ли является утверждение, что «основные свойства оксида магния выражены сильнее, чем у оксида алюминия»?

Конечно, основные свойства у оксида магния выражены сильнее, он же основной, а оксид алюминия — амфотерный! Только что такое основные свойства оксида? А если сравнить оксид магния и оксид кальция? А оксид бария и оксид калия?

А вот в вопросе В6 уже серьезнее:

При взаимодействии 2-метилпропана и брома на свету чего получается больше: 1-бром-2-метилпропана или 2-бром-2-метилпропана?

С точки зрения авторов задания, правильный ответ — 2-бром-2-метилпропан. А в книгах пишут, что веществ образуется примерно поровну, так как замещение водорода при третичном атоме углерода идет быстрее, чем при первичном, но при первичном атоме углерода в 2-метилпропане девять атомов водорода, а при третичном — один! И ученики УМ и УО это знают!

Теперь обратимся к Диагностической работе № 2. Вот вопрос А4:

Вещество, в котором ковалентная связь образована по донорно-акцепторному механизму, 1) нитрат аммония, 2) этиленгликоль, 3) хлорвинил, 4) карбид кальция.

Правильный ответ, разумеется, первый. Предположим, что этиленгликоль образуется при щелочном гидролизе дихлорэтана, связь между углеродом и гидроксильной группой, тоже образуется по донорно-акцепторному механизму. Следовательно, и второй ответ верный. Хлорвинил вполне может образоваться при электрофильном присоединении хлороводорода к ацетилену. Катион водорода — электрофил, хлорид-ион — нуклеофил — один акцептор пары, другой донор. Опять донорно-акцепторный механизм и правильный ответ!

Вопрос А14 из той же работы:

Бромную воду обесцвечивают оба вещества пары: циклопропан и бутадиев, бензол и толуол, этилбензол и гексан.

Правильный ответ, конечно, «циклопропан и бутадиев», но две другие пары обесцвечивают бромную воду за счет экстракции брома. И ученики это видели.

Вот вопрос А26:

Для обнаружения углекислого газа в смеси пользуются 1) тлеющей лучинкой, 2) известковой водой, 3) бромной водой, 4) влажной лакмусовой бумажкой.

Встречный вопрос: в смеси с чем? С кислородом? С сернистым газом? С азотом?

Рассмотрим вопрос В8:

С аминопропановой кислотой реагируют 1) водород, 2) гидроксид калия, 3) нитрат калия, 4) метанол, 5) иодоводород, 6) бензол.

У бензола, пожалуй, шансов маловато, про 2, 4 и 5 — никаких сомнений. Впрочем, про нитрат калия тоже. Если смешать и погреть — наверное, может и зажечь! Что касается водорода, тоже ведь реагирует! Плохо, но двойная связь — то в аминопропановой кислоте есть? Итак, пять правильных ответов. А надо указать только три!

А вот второй вариант той же работы, вопрос А10:

Гидроксид натрия реагирует с каждым веществом пары: ... 2) H_2SO_4 и $CuSO_4$... 4) CO_2 и NO .

Понятно, что подразумевается второй ответ, но вещества другой пары, предложенные в ответе четыре, тоже нас устраивают. Углекислый газ — кислотный оксид, но и оксид азота (II) со щелочью реагирует.

Итак, можно не сомневаться, что это — игра, причем в одни ворота. В наши ворота. Исходя из этого будем принимать меры, а заодно и решим спор между УМ и УО. Для того чтобы подготовиться к сдаче ЕГЭ по химии, детям нужно «врать» и честно сообщать им об этом, а точнее — объяснить правила этой игры. Первым делом нужно перевести вопрос теста на понятный язык. Потом сообразить, что от тебя хотят услышать — что ученик, с точки зрения авторов ЕГЭ, должен знать, а что нет. Потом найти ответ и перевести его на язык вопроса и в конце аккуратно занести ответ в бланк.

С этой точки зрения разберем вышеуказанный вопрос об основных свойствах оксидов. Исходим из того, что для элементов

главных подгрупп характер оксида определяется характером элемента. Известно, что способность образовывать основные оксиды больше характерна для металлов, кислотные оксиды образуют, как правило, неметаллы, переходные элементы — амфотерные оксиды. Чтобы правильно ответить на подобный вопрос, школьник должен хорошо помнить, что в периоде у элементов главных подгрупп при движении в сторону увеличения атомных номеров уменьшается радиус атома, увеличивается количество валентных электронов, количество протонов в ядре, увеличивается электроотрицательность, повышается способность удерживать электрон (заметим, что с точки зрения изменения потенциала ионизации это не совсем так), повышаются неметаллические свойства, усиливается окислительная способность (еще раз заметим — это тоже упрощение), повышаются кислотные свойства оксидов, снижаются металлические свойства, снижается восстановительная способность, уменьшаются основные свойства оксидов, уменьшается способность отдавать электрон и т. д. А в группе сверху вниз соответственно свои изменения.

Теперь разберем вопрос о том, что с чем реагирует. Пример: *Укажите вещество, которое реагирует только с водородом (варианты — только с кислородом; и с водородом, и с кислородом).*

Ключ к правильному ответу следующий. Реакция с водородом — восстановление, с кислородом — окисление. Следовательно, вещество, содержащее элемент в низкой степени окисления (аммиак, сульфид натрия), способно только окисляться, то есть реагировать с кислородом, в высшей степени окисления (углекислый газ, оксид серы (VI), азотная кислота) — восстанавливаться, то есть реагировать с водородом, а в промежуточной (угарный газ, гидразин, оксид азота (IV)) — и с тем, и с другим.

А что делать, если вопрос касается реакции сложного вещества со щелочью или с кислотой? Первым делом необходимо определить, к какому классу веществ относится вещество. Кислота или кислотный оксид взаимодействует со щелочью, основание или основной оксид — с кислотой, амфотерный гидроксид или оксид — и с тем, и с другим. В более сложном случае кислая соль реагирует со щелочью, а если это гидроксид карбоната или соль другой слабой кислоты, то и с сильной кислотой.

Получается, что на ЕГЭ по химии проверяют не столько конкретные знания свойств веществ, сколько понимание некоторой системы закономерностей, пусть упрощенной, но доступной анализу.

Попробуем найти «светлую сторону»

Значит, на какой-то стадии подготовки надо научить выпускника анализировать. А еще надо выработать у него правильные привычки, например не решать задания части А в уме, а записывать вычисления; описывать реакции органических веществ уравнениями, а не схемами; решив задачу, написать слово «ответ», а затем внимательно еще раз прочитать условие задачи, в особенности ее вопрос.

Приведем пример использования системы закономерностей и правильных привычек. Несколько вопросов в части А и В касаются гидролиза солей. Как правило, нужно или указать среду, или определить тип гидролиза — по катиону, по аниону или по тому и другому. Бывает, что гидролизу соль не подвергается. Как обученный, с правильными привычками ученик пишет реакцию гидролиза? Сначала он записывает диссоциацию соли на ионы, при этом не забывает заглянуть в таблицу растворимости и убедиться, что соль растворима. Затем он определяет, по какому иону идет гидролиз (для этого надо знать, какие кислоты и основания сильные, а какие нет), и записывает гидролиз как реакцию соответствующего иона с водой. Ионную реакцию! Интересно, что вопросы ЕГЭ предполагают совершенно правильный подход к реакциям этого типа. И если ученик приучен правильно записывать реакцию, он ответит верно, в особенности если его не заставляли раньше писать реакцию «обратимого гидролиза» в молекулярной форме.

Удивительные результаты можно получить, если (как это полагалось делать раньше, например, на экзаменах в медицинских институтах) научить школьника записывать реакцию гидролиза этим способом! В лучшем случае у него инвертируется представление о причинах реакции. Образование щелочной среды он объясняет наличием иона натрия или калия. В худшем случае исчезают проблемы с получением кислот и щелочей, так при гидролизе поваренной соли образуются соляная кислота и едкий натр!

Вернемся к процессу подготовки

Изучив или повторив строение атома, периодический закон, химическую связь, элементы строения вещества, Альдегид Фенолович и Аква Витальевна переходят к изучению общих свойств основных классов неорганических веществ. Для начала нужно дать определение понятий «кислота», «основание», «соль». Выясняется, что ученик плохо представляет себе, что такое электролит, диссоциация и т. д. Преклоняюсь перед методическим искусством учителей, которые ухитряются изучить свойства основных классов неорганических веществ ДО изучения темы «Теория электролитической диссоциации», но существует несколько учебников, выстраивающих курс именно этим способом. В результате большая часть одиннадцатиклассников в начале учебного года имеют очень отдаленное представление о реакциях ионного обмена, общих свойствах кислот и щелочей, а об амфотерности слышали, как мне кажется, только единицы. Этот материал необходимо тщательно изучить, на это нужно время, а где его взять? Особенно много времени придется потратить на отработку навыков — записывать ступенчатую диссоциацию, реакции в молекулярной, полной и сокращенной ионной формах, уравнивать реакции.

Причем в отличие от тестов, которые были популярны во второй половине 90-х и первой половины 2000-х, нынешние задания не предполагают проверку умения составлять эти уравнения. А значит, вполне возможно, и при подготовке этому не будут уделять достаточно внимания. Следствие — сложности при изучении классов веществ.

Но больше всего усилий приходится тратить на изучение окислительно-восстановительных реакций. Как правило, школьники уравнивать их умеют плохо, определять продукты реакции не умеют вообще, слово «диспропорционирование» вызывает у детей нервный смех. Я уже не говорю про реакции электролиза водных растворов солей, кислот и щелочей. Возникает вопрос, как учить уравнивать реакции — методом электронного баланса или методом полуреакций? Формулировка задания С1 отвечает на вопрос однозначно: электронный баланс! Однако насколько уверенной чувствует себя ученик, владеющий методом полуреакций, в особенности, когда надо определять и продукты реакций! Я бы на изучение этого метода времени не пожалел.

Два слова о заданиях по «физической» химии — химической кинетике, химическому равновесию, тепловым эффектам химических реакций. Наблюдается интересное явление. Уровень сложности заданий по этим темам настолько низок, что у школьников не возникает проблем с их пониманием. Как следствие, эти темы плохо отрабатываются, навыки решения формируются плохо и очень неустойчивы. И если спросить учеников, изучивших эти темы, как изменяется скорость прямой экзотермической реакции при увеличении температуры, подавляющее большинство ответят, что уменьшается! Таким образом, темы эти полны коварства, и очень часто на вопросы по ним отвечают хуже всего.

А как представлена в вопросах ЕГЭ химия элементов и их соединений? А вот это очень простой вопрос: никак! В Демоверсии нет ни одного вопроса, который невозможно было бы решить из «общих соображений», зная только общие свойства основных классов неорганических веществ. В различных вариантах иногда попадаются вопросы В5 или С2, поиск ответов на которые предполагают некоторые знания по неорганике. Это, как пра-



вило, знание способов получения простых веществ, особых свойств азотной и концентрированной серной кислот. Весьма популярны реакции простых веществ: фосфора, серы, хлора, кремния, алюминия, цинка со щелочами. Ну и «промышленные» реакции — получение серной кислоты, аммиака, азотной кислоты, металлов.

Годовой курс «Химии элементов», который УМ и УО самоотверженно читали и отрабатывали в течение полутора-двух лет в классе с углубленным изучением химии, повисает в воздухе, слабо покачиваясь, а знания улетучиваются из детских голов, как гелий из воздушного шарика. Обидно...

Время органики

Пора перейти к органике. Спецификация утверждает, что вопросы по органической химии составляют 18,6%, а именно восемь заданий во всей работе. В реальности, судя по содержанию демонстрационного варианта, знания по органической химии проверяются в 14 вопросах из 43. Легко посчитать, что доля этих заданий составляет 32,6%. По видимому, шесть заданий прошли «по другому ведомству», то есть оказались в других «содержательных линиях». Не очень понятно, зачем нужен такой загадочный подсчет, но и без этих процентов ясно, что никому не придет в голову отправить на ЕГЭ ученика, не знающего органической химии.

Я бы оценил уровень сложности вопросов по органике как довольно высокий. Кроме знания классификации, изомерии и номенклатуры органических веществ для уверенного ответа на вопросы ЕГЭ необходимо понимание свойств классов веществ. Более того, есть вопросы, касающиеся механизмов реакций. И совершенно необходимым является умение составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций, протекающих с участием органических веществ.

Значит, воспользуемся хорошим поводом правильно повторить (или изучить) органику. Школьник, готовящийся к сдаче ЕГЭ, органическую химию уже изучил (наверное) и имеет представления обо всех классах веществ. Поэтому можно не разбивать общие темы на кусочки, привязанные к классам, а изучать так, как подсказывает простая логика.

Изучение или повторение классификации органических веществ позволяют сравнить их друг с другом, поговорить о взаимосвязи классов, проследить генетическую связь. И не надо изучать номенклатуру сначала алканов, затем алкенов, а потом алкинов. Правила построения названий общие, номенклатура алкенов почти ничем не отличается от номенклатуры алкинов, названия спиртов и кетонов, альдегидов и карбоновых кислот строятся очень похоже.

Прекрасный повод для отработки и закрепления знаний и навыков по классификации и номенклатуре органических веществ — изучение изомерии, причем разговор о пространственной изомерии потребует рассмотрения электронного строения органических молекул. Кстати, при изучении изомерии следует поговорить не только о том, какие случаи изомерии характерны для тех или иных веществ, но и о том, какие невозможны.

Ну, а теперь можно изучать свойства классов веществ. Сначала поподробнее изучить механизмы реакций, поговорить о классификации реакций с точки зрения изменения субстрата (это тоже есть в вопросах ЕГЭ!), о реакционных частицах — свободных радикалах, электрофилах, нуклеофилах, об устойчивости переходных состояний, об электронных эффектах — индуктивном и мезомерном, объяснить правило Марковникова, ориентирующее действие заместителей в реакциях электрофильного замещения, о нуклеофильных реакциях.

Такой подход обеспечивает еще и грандиозную экономию времени, ведь львиную долю химических свойств непредельных углеводородов вы изучаете одновременно. А нитрование/хлорирование/алкилирование/ацилирование фенола/толуола/бензиольной кислоты и еще масса других реакций сводятся к нескольким вариантам. После этого разумно изучить окислительно-восстановительные реакции, а затем все еще раз закрепить, повторяя классы веществ. И вот тогда останется только научиться решать конкретные задания — цепочки превращений, качественные реакции, получение веществ.

Но горькая ирония заключается в том, что чем глубже у человека знания по органической химии, тем меньше шансов у него правильно продолжить фразы «Уксусную кислоту невозможно получить в две стадии: ...» или: «Фенол не взаимодействует с: ...»

Пошли по «С»

Итак, УМ, УО, Аква Витальевна и Альдегид Фенолович сделали свое дело, и от них уже ничего не зависит. Вчерашние одиннадцатиклассники и ВПЛ пришли в ППЭ, получили КИМы и бланки. (Как, вы пришли на ЕГЭ, не зная, что такое ВПЛ, ППЭ и КИМ?! Выпускники прошлых лет, пункт проведения экзамена и контрольно-измерительные материалы соответственно.) Решили, заполнили, сдали и затаили дыхание. На сцене появляется новый персонаж — эксперт. Его задача — проверить, как экзаменующиеся решили задания части С. В течение трех месяцев он проходил курсы в группе ХИ-26, прилежно выполнял зачетные работы и вот, взяв с собой необходимые документы, является по указанному адресу. Ему выдают формулировки заданий, «Критерии оценивания заданий с развернутым ответом», по которым определяются количество баллов, бланк протоколов проверки и пакет со сканами работ. Работы, разумеется, анонимны. Все они относятся к одному варианту, впрочем, в следующем пакете могут быть работы другого варианта. Всего вариантов шестнадцать, однако задания в них частично повторяются. Заданий пять.

С1. Окислительно-восстановительная реакция, в которой некоторые вещества пропущены. Это реплика старого олимпиадного задания: «Работу по химии залили чернилами. Помогите восстановить ее...» Ответ состоит из трех элементов: самого уравнения, электронного баланса и указания, что является окислителем, а что восстановителем, по баллу за элемент. Уравнения не очень сложные, по крайней мере, не бывает случаев с двумя восстановителями или окислителями, но и не очень простые, так как содержат шесть-семь веществ. Интересно, что, сделав ряд грубых ошибок при написании самой реакции и не уравнивая ее, можно, правильно составив электронный баланс и указав окислитель и восстановитель, получить два из трех баллов.

С2. Задание представляет собой словесное описание некоторого эксперимента. Необходимо составить уравнения четырех реакций, за каждое — по баллу. Если уравнение составлено не так, как в «Критерии...», но является химически разумным, его засчитывают. Если вещества указаны верно, а коэффициенты нет, балл не ставится. Но иногда видно, что школьник случайно потерял одну цифру при переписывании, и эксперт балл начисляет, если он нормальный человек. Реакции не очень простые, среди них одна или две окислительно-восстановительные.

С3. Органическая цепочка из пяти реакций, одна из которых окислительно-восстановительная, за каждую — балл. Сама цепочка не очень сложная, основана на стандартных реакциях, изучаемых в школе. Единственная сложность — уравнивать окис-

лительно-восстановительную. Третий год подряд экспертам рекомендуют засчитывать и схему этой реакции (то есть без коэффициентов), если все продукты реакции указаны правильно. Однако мнение начальства может измениться. Наиболее распространенная ошибка в этом задании — неполное перечисление продуктов реакции, например отсутствие молекулы воды в продуктах нитрования арена или соли в реакциях щелочного гидролиза хлоралкана. А если нужно написать реакцию галогенирования, то обязательно встретится несколько работ, в которых оба атома галогена радостно влезают в молекулу органического вещества, замещая два атома водорода, которые в ужасе улетывают в виде простого вещества! Цепочка составлена так, что неизвестные вещества чередуются с известными, таким образом, если ученик ошибся в одном уравнении, он вполне может правильно составить остальные и унести четыре балла.

С4. Многоэлементная задача, основанная на свойствах неорганических веществ. Она может включать в себя расчет по уравнению реакций, определение массовой доли вещества в растворе, выхода реакции, избытка, зависимости продуктов реакции от соотношений реагентов, определение состава смеси веществ. В задаче описаны не одна, а несколько параллельных и последовательных реакций. Оцениваются несколько элементов задачи, и всего можно получить четыре балла. В этом задании ученики делают больше всего ошибок. Так как способ решения, предложенный экзаменуемым, далеко не всегда соответствует способу, описанному в «Критериях...», бывает сложно поставить справедливую оценку за не полностью решенную задачу. В этом случае приходится оценивать умение выполнять определенные операции: составить уравнения реакций, рассчитать количество вещества, определить, какое вещество в избытке и т. д. Если задача решена верно, ответ получен, решение понятно и разумно, хотя и не соответствует «Критериям...», за задачу обычно ставится полный балл.

С5. Задача представляет собой определение молекулярной формулы органического вещества, и за нее можно получить три балла. Как правило, эта задача не вызывает особых трудностей. Она основана на несложных реакциях, более того, неверно записанная реакция часто не мешает получить правильный ответ. Однако это приводит к потере балла, так как уравнение реакции — тоже элемент оценки.

Каждую работу независимо друг от друга проверяют два эксперта. После первичной проверки иногда приходится проводить вторичную, если оценки, поставленные разными экспертами за одну и ту же задачу, отличаются более, чем на балл.

Через несколько дней после окончания проверки происходит апелляция. На ней можно оспорить правильность распознавания компьютером написанного вами ответа на вопросы части В и, конечно, попытаться улучшить свою оценку за часть С. С учеником, который имеет право привести с собой взрослого представителя, беседуют два эксперта. Как правило, беседа эта происходит вполне корректно, я бы даже сказал, дружески, ведь эксперты — это обычно школьные учителя, а учителя к ученикам, даже чужим, относятся хорошо. Если видно, что выпускник грамотный, понимает, что делает, способен объяснить и доказать свою точку зрения, то ему первичную оценку повышают на 1—2 балла, а это существенно повышает тестовый балл; оценка улучшается примерно в половине случаев. Совершенно необходимо пойти на апелляцию, понять свои ошибки и защитить свои интересы. Не стоит слушать разговоры о том, что на апелляции могут балл снизить, по крайней мере, на химии этим никто не занимается.

Жульничество-2013

Я не проводил специальных исследований, у меня нет числовых данных и документальных свидетельств, и я не смогу ничего доказать в суде. Но опираясь на свой опыт, рассказы моих учеников и учительское чутье, я могу заключить, что на ЕГЭ по химии в Москве было массовое списывание. Накануне экзамена мне позвонили несколько моих учеников и расска-



зали условия задач части С, которые я потом увидел во время проверки. Школьники могли скачать эти условия за небольшие деньги или бесплатно. Два года подряд количество работ, в которых полностью правильно (на 19 баллов) выполнена часть С, составляло около 10%, в этом году — почти половина. Было много работ, где сложные задачи решены идеально, а более простые даже не начаты. Было несколько работ, в которых абсолютно неправильное решение задачи С5 было явно списано с какого-то одного источника. Учителя знают, что когда ученик списывает, он работает в режиме копировального аппарата, переносит к себе в работу все, включая помарки и зачеркивания. Также были работы, написанные уверенным четким почерком, без зачеркиваний и исправлений, удивительно похожие на те самые «Критериум...». Больно было смотреть на коллег, которым пришлось участвовать в этом фарсе, и обидно за ребят, которые честно «пахали» несколько лет, изучая всякие там глупости про нуклеофильное замещение и гидролиз с электролизом.

О том, нужен ли ЕГЭ, полезен или вреден, сказано уже очень много. Я не буду пытаться рассуждать об этом, хотя признаюсь, что за последние два года стал относиться к идее единого экзамена гораздо спокойнее. Возможно, он не должен быть только государственным? Ведь в адекватной проверке знаний абитуриентов, измерении качества обучения и выражении результатов этого измерения в числовой форме заинтересованы высшие учебные заведения. Может быть, предложить проводить этот экзамен межвузовской экзаменационной комиссии при непосредственном участии и контроле государства?

Жизнь персонажей

В заключение попытаемся описать, что изменилось в жизни персонажей, упомянутых в статье, в результате введения в России Единого государственного экзамена.

План Расписаньевич, завуч. Он теперь главный организатор проведения экзамена, ему теперь приходится организовывать проведение тренировочного и основного ЕГЭ, составлять расписание работы учителей школы, которые превращаются в сопровождающих, организаторов в аудиториях и их помощников, общаться с наблюдателями, готовить списки сдающих ЕГЭ, вытрасывать из классных руководителей и учеников заявления на сдачу ЕГЭ и согласие на это родителей, организовывать, в особенности во втором полугодии, выполнение выпускными классами тренировочных и диагностических работ в формате ЕГЭ, добиваться своевременного поступления отчетов о результатах этих работ в систему СтатГрад. Взамен не нужно организовывать сдачу выпускных экзаменов, как это было недавно. Хочется отметить, что результаты ЕГЭ являются еще и показателем эффективности работы школы, что привело к уменьшению количества проверок успеваемости со стороны окружных управлений.

Аква Витальевна, хорошая учительница химии обычной школы. На ней теперь лежит особая ответственность за подготовку к ЕГЭ. Но при этом у нее появилась реальная возможность подготовить своих учеников к поступлению в хороший вуз, например в медицинский институт. И для этого не нужно учиться и учить решать зубодробительные задачи а-ля Белавин или Пузаков (авторы задачник, рекомендованных для подготовки к вступительным экзаменам в медицинские институты до введения ЕГЭ).

УМ и УО, преподаватели школы с углубленным изучением химии. Они всегда ставили перед собой цель подготовить учеников к участию в олимпиадах, поступлению в вузы, причем отнюдь не арбузосверлильные. Более того, главной задачей они всегда считали не поступление, а успешное обучение своих учеников в этих вузах. И они умеют решать и учить решать задачи «а-ля Белавин». А УО, скорее всего, даже помнит, какие номера из «2500 задач по химии» надо задать на дом при изучении уравнения Аррениуса и на каких страницах «Подсолнуха» (на обложке сборника «Химия. Формула успеха на вступительных экзаменах» нарисованы формула циклического серосодержащего соединения и цветок подсолнуха) самые хорошие задачи на опреде-

ление pH водных растворов слабых электролитов. Только вот школьников в девятом классе сложно заставить разобраться с логарифмами, которые нужны, чтобы научиться считать тот самый pH, а в десятом — прочитать учебник для высшей школы по органической химии, так как в школьном учебнике ничего не сказано про реактивы Гриньяра и гиперконъюгацию. А зачем? В ЕГЭ этого ничего нет! Более того, введение ЕГЭ практически свело на нет возможность углубленного изучения предмета в 11-м классе. За исключением тех нескольких, которые сдают «внутренний» экзамен по химии в МГУ, школьники всерьез изучать химию перестают, да и учителям трудно набраться решимости заставить их изучать в выпускном классе то, что им «для поступления» не понадобится.

Альдегид Фенолович, репетитор. Ему теперь практически не нужно учить решать по-настоящему сложные задачи. Раньше у него было пять-шесть ребят, которые учились химии по полтора года, поскольку это минимальный срок для повторения пройденного и освоения «нешкольного» материала, такого, как правила Гесса, законы Фарадея, константы диссоциации, структуры аминокислот и азотистых оснований и т. д. Теперь у него таких учеников один-два. Зато ряды абитуриентов существенно пополнились желающими поступить в медицинские вузы, которые до введения ЕГЭ вынуждены были изучать особые сложные задачи исключительно под руководством членов приемной комиссии медицинских факультетов.

Ученики. Те, кто рано обнаружили у себя интерес к наукам, как и раньше, поступают в школы с углубленным изучением этих самых наук, благо такие школы пока еще в крупных городах есть и продолжают работать. У этих учеников проблем с поступлением в институты, как правило, не бывает. Ученикам обычных школ, если им не повезло и у них нет Аквы Витальевны, для подготовки к ЕГЭ приходится обращаться к репетиторам.

А есть еще наш российский народ, который продолжает как-то устраиваться и забывает о законе сохранения энергии и методах работы государства. Вот дачник применил «правило буравчика», и теперь у него на участке бесплатное электричество. Только закон сохранения энергии еще никто не отменил! Да и государство обворовать себя простым гражданам не даст — всем жителям придется оплачивать стоимость разницы количества электроэнергии, определенному по суммарному показанию личных счетчиков, и реального количества электроэнергии, потребленного дачным поселком. Значит, наш оборотистый дачник украл у своих соседей. Кстати, с водосчетчиками дело обстоит так же — при оплате применяется специальный коэффициент, зависящий от потребления всего дома.

И не исключено, что гражданин, который в мае 2013 года «слил» задания ЕГЭ по химии, когда-нибудь окажется на столе у молодого хирурга, который учился все шесть лет за взятки. А помогать ему будет анестезиолог, который не знает разницы между действием растворов натриевых солей гамма-оксимасляной и альфа-оксипропановой кислот. И гражданину даже не будет страшно, потому что он этого уже никогда не узнает...



Подлинная история жизни старого энтомолога

Я читаю только биографии, личные дневники...

Мне нужно быть уверенной, что то, о чем я читаю, было в действительности.

Из фильма Ивона Марсиано «Эмилия Мюллер»

Говорят, будто любой образованный (в старорежимном смысле) человек способен написать по меньшей мере одну увлекательную книгу: автобиографию. Насчет «любой» — это, может, и преувеличение, хотя и не слишком сильное. Ведь есть сферы деятельности, где одно лишь честное бытописание профессионального сообщества (вписанное в контекст исторической эпохи) почти гарантирует читательский успех; ну а уж если за дело берется человек, обладающий литературным даром, природной наблюдательностью и чувством юмора!..

Наверное, любой из нас, энтомологов, попав впервые студентом (а то и школьником) на чаепитие с участием стариков-титанов — где-нибудь на хорах Зоомузея МГУ, в лабиринтах межколлекционными шкафами красного дерева в питерском Зоологическом институте или в полуподвале Палеонтологического института на Малой Полянке, — слушал, открывши рот, забавные воспоминания студенческих лет, экспедиционные байки, рассказы об общении с совсем уж классиками естественных наук и думал: «Господи, ведь все, все это надо записывать, чтоб не пропало для истории!» И никто, конечно, в итоге ничего так и не записывает — всегда находят дела поважнее...

Шестидесятые и семидесятые годы были периодом бурного расцвета отечественной науки, по крайней мере многих ее отраслей. Это вполне относится и к энтомологии. В то время нашим энтомологам редко удавалось участвовать в экспедициях в далекие страны (этому мешал железный занавес), но в их полном распоряжении были сокровища Средней Азии — прекрасного и удивительного края, где на каждом хребте можно найти виды-эндемики, а высотная поясность приводит к тому, что невдалеке от пустынь располагаются горные тундры и ледники. На экспедиции в Среднюю Азию и другие регионы нашей страны, а также в отдельные дружественные страны (особенно Монголию и Вьетнам) средства выделялись щедро, и экспедиционная жизнь кипела и переливалась через край. Прежде всего именно эту эпоху и описывает в своих воспоминаниях, отлично передавая ее дух, Виталий Николаевич Танасийчук, специалист по интереснейшим насекомым — мухам-серебрянкам (семейство *Chamaemyiidae*) — и сотрудник ведущего зоологического учреждения нашей страны — Зоологического института Академии наук.

Название «Цокотуха ли муха?» может, пожалуй, озадачить, а то и отпугнуть читателя. Поясним, о чем идет речь. Одно из многочисленных направлений проводимых Виталием Николаевичем разносторонних исследований мух-серебрянок касалось строения крошечных «стрекотательных» аппаратов, с помощью которых самцы некоторых видов этого семейства издают привлекающие самок звуки, проводя острым краем бедра по зубчатому чешуйкам, расположенным у основания брюшка. Чтобы рассмотреть эти структуры в сканирующий электронный микроскоп, на препараты мух нужно было напылять тончайший слой золота, делающего исследуемую поверхность электропроводящей. И однажды исследователю пришла в голову не-

Виталий Танасийчук.
Цокотуха ли муха?
Записки старого энтомолога.
Москва:
Товарищество научных изданий КМК, 2011



ожиданная мысль. Оказывается, способность некоторых мух стрекотать, открытую в середине XX века, еще в начале века удивительным образом угадал Корней Иванович Чуковский, причем угадал не только само явление, но и метод, который использовали впоследствии для его изучения, ведь Муха у Чуковского не только Цокотуха (а цокотать — это примерно то же, что стрекотать), но и позолоченное брюхо!

Подзаголовок («Записки старого энтомолога») говорит о содержании книги намного больше. А будь он выдержан в стиле XVIII и XIX века, когда авторы старались уже в названии поведать читателю как можно больше, — звучал бы, например, так: «Подлинная история жизни старого энтомолога, сына репрессированных гидробиологов, в юности — начинающего археолога, впоследствии также фотографа, ныряльщика, спелеолога, популяризатора науки и музейного работника, написанная им самим».

Хотя большая часть книги и посвящена экспедициям и научным исследованиям шестидесятых и семидесятых годов, начинается она с детских и ранних юношеских воспоминаний о совсем иной эпохе — предвоенной. И о совсем иной социальной среде — лишенной, о самом существовании которых по нынешнему времени как-то подзабылось. Про сталинские лагеря и шарашки мы — благодаря Шаламову, Солженицыну и другим — кое-что знаем, а вот про жизнь и быт людей (а их были миллионы!), странным капризом судьбы угодивших вместо лагерей в дальнюю многолетнюю ссылку с поражением во всех правах, когда тебя то приподнимают до «вольноотпущенника» с работой по специальности, то вдруг грузят, растолкав среди ночи, в промерзлый декабрьский трюм и везут неведомо куда, то вновь отдают под нескончаемое следствие, — почти ничего не известно. И в этом смысле соответствующие главы книги Танасийчука — бесценный источник информации. Автор пишет обо всех тех перипетиях предельно безэмоционально, не нагнетая страстей и концентрируясь на чисто бытовых деталях, — и именно эта отстраненность производит совершенно удивительное впечатление: *sapienti sat*.

Впрочем, не будем о грустном! Вернемся в солнечную эпоху шестидесятых, когда автор уже закончил университет (социальный лифт ему все же не перекрыли, несмотря на происхождение) и перед ним открылся Весь Мир размером в

«одну шестую часть суши»: любимая работа и путешествия с приключениями — что может быть прекраснее!

«Веселая легкость играла в крови, мной владело блаженство высоты — и плевать, что это начало кислородного голодания, высотная эйфория. Вокруг лежал невероятный, ни с чем не сравнимый мир, и я был наедине с ним. Передо мной высился Гиндукуш.

...Лед не вмещался в ущельях и цирках, переливался через гребни, тек мощными реками ледников. Крутая стена, выходящая к Пянджу, рассекалась ущельями, по которым лед спускался очень низко, много ниже высоты, на которой находился я. Это был северный склон; не раз потом я поднимался на гребень какой-нибудь горы по белоснежному южному склону и, выходя навстречу, видел спускавшиеся вниз бескрайние фирновые поля, зачастую покрытые рядами кальгоспоров — высоких острокопечных выступов, наклоненных в сторону полуденного солнца. Яростное высокогорное солнце субтропических широт не растапливает лед и фирн, оно испаряет их, образуя эти фигуры, похожие на склоненных в молитве людей. Недаром кальгоспоры называют «снегами кающихся».

...Мне дано было видеть, как разливался пурпур на снегах Гиндукуша, как он переходил в зеленые, фиолетовые, густокрасные тона. И как долго горела зеленым светом одна вершина, похожая на слегка наклоненный каменный меч. А внизу ртутной лентой тянулся Пяндж и глыбами бастионов вставала около него древняя крепость Каахака».

Описания решения вполне детективных научных загадок (например, экологической связи между личинками изучаемых автором мух-серебрянок с высасывающими сок из растений червецами) постоянно чередуются с достойными авантюрного романа эпизодами, вроде одиночного высокогорного маршрута к заброшенной выработке, где в Средние века добывали драгоценный лазурит. Найденный там здоровенный обломок этого «окаменелого памирского неба» Виталий Николаевич подарил девушке, за которой тогда ухаживал, — а ее мама впоследствии весьма успешно использовала его как гнет при засаливании капусты: финал, поистине достойный О.Генри!

Или вот: «Вечером Рустам натягивает на двух шестах простыню, надевает темные очки, включает ультрафиолетовую лампу и направляет ее на полотно. Станный, пронзительный свет. Начинается вакханалия. Бабочки — совки, пяденицы и сатурнии, муравьиные львы и множество других насекомых вылетают вокруг простыни, садятся на нее, и Рустам осторожно складывает все нужное в морилки. Появляются фаланги; эти охотники пользуются случаем — сколько добычи.

Потом, разбирая собранное, мы со смехом вспоминаем историю, приключившуюся в Молдавии. Известный энтомолог (академик Молдавской Академии наук!) Яков Иванович Принц таким же образом ловил ночью бабочек на пригорочке недалеко от Кишинева. Ночь была душной, наш коллега разделся до трусов. Недалеко дорога, проезжают машины. Кто-то бдительный увидел, что голый человек пляшет на фоне ярко освещенной простыни, и сообщил в милицию. А там было известно, что из психушки накануне сбежал пациент. Свистнули в «скорую», те обрадовались и примчались: «Кто вы такой?» — «Я Принц». — «Ах, принц? Ничего, у нас и короли бывали!» — «Я академик Принц!» — «Ах, еще и академик? Дело ясное. Хватай его, обездвигивай!»

Прикосновение к Истории как к удивительному пересечению людских судеб можно порой ощутить довольно просто: через старую рукописную этикетку.

«...Этот вид еще никем не описан, но в институтской коллекции я его уже видел. Несколько экземпляров и одна и та же этикетка: Сарыкол, Памир, Рейхардт. И дата — 1928. Первая Памирская экспедиция, организованная Горбуновым и Крыленко.

Не все теперь знают эти имена. Николай Петрович Горбунов — секретарь Академии наук, некогда личный секретарь Ленина, один из организаторов советской науки (а также Соловецкого концлагеря). Николай Васильевич Крыленко — прокурор, а

Книгу можно заказать на сайте издательства: <http://avtor-kmk.ru>



КНИГИ

потом нарком юстиции, идеолог и исполнитель сталинских репрессий и в то же время незаурядный альпинист. Оба расстреляны в 38-м.

В Публичной библиотеке я нашел немало книг о той легендарной экспедиции; тут была и «Банда батьки Горбунова» Россельса, и книги кинооператоров Шнейдерова и Ерофеева, и фундаментальный труд немца Рикмерса «Алай, Алай!», перед титульным листом которого была помещена фотография скуластого киргиза с жиденькой бородкой, одетого в шубу и киргизскую шляпу ак-колпак. Из подписи я с удивлением узнал, что это и есть профессор, доктор и чего-то советник Рикмерс. Были тут и книги самого Крыленко, очень живо написанные; у этого яркого и страшного человека был немалый литературный талант. И во всех этих книгах и книжечках мелькало имя Акселя Николаевича Рейхардта, зоолога экспедиции, сотрудника ЗИНа (Зоологического института. — *Примеч. ред.*), человека немногословного, сдержанного, немного педантичного.

Мой старший коллега Олег Леонидович Крыжановский, зная мой интерес к Памиру и людям, работавшим там, как-то показал мне странно выглядящую рукопись. Три толстые папки, в них — пачки листов, написанных мелким, аккуратным почерком. Порой эти страницы были склеены из обрывков самой разной бумаги, мозаикой подогнанных друг к другу, — старых писем, рукописей, каких-то лекций с ятями и твердыми знаками... Это была рукопись монографии Рейхардта по жукам семейства *Histeridae*, или жуков-карапузиков. Он писал ее во время блокады Ленинграда.

Четкий и подробный анализ систематических признаков, подробные описания родов и видов. И вдруг перо срывается в сторону, а затем в квадратных скобках: «5 ч. вечера; здание ЗИН трясется от разрыва снарядов». На другом листочке, на полях: «12 XII 41, +1.5». Это, вероятно, температура в лаборатории, где Рейхардт не только работал, но и жил (в блокаду многие сотрудники перебрались в институт и жили на казарменном положении). Дальше — разбор запутанного вопроса с синонимией одного из видов. Затем: «Вероятно, ясность внесет изучение копулятивного аппарата, еще никем не исследованного; если не помру от голода, то выполню это. 16 XII 41».

Я расспрашивал о Рейхардте Ирину Александровну Четверкину, всю блокаду хранившую ЗИН. Аксель Николаевич, как и другие сотрудники, дежурил на крыше и тушил зажигалки, переносил в подвал самые ценные коллекции и постепенно слабел от голода. «В феврале я не видела его два или три дня и зашла к нему в кабинет. Он лежал на своем матрасе отекший, но выбритый, в белой рубашке и галстук. Я спросила, почему он при таком параде; он ответил: ТУДА надо являться в приличном виде».

В ЗИНе, в зале перед кабинетом директора, висит мраморная доска с именами семерых сотрудников института, убитых на фронте, и тридцати девяти погибших в блокаду. Среди них — Рейхардт».

«Если я видел дальше других, то только потому, что стоял на плечах гигантов» (Исаак Ньютон). Танасийчук стоял на правильных плечах и написал хорошую книгу. Уже далеко не первую и, надеемся, отнюдь не последнюю!

К.Ю.Еськов, П.Н.Петров

Тыква

Напоминание о ранней осени, теплой и изобильной, и предвкушение новогодних праздников, на которые надо прибывать в карете, — тыква.

Что за плод тыква? Тыква обыкновенная, она же толстокорая *Cucurbita pepo* — бахчевая культура семейства тыквенных, родственник дыни и арбуза. Но если дыня пришла к нам из Передней Азии, а арбуз из Африки, тыква — подарок Старому Свету из Центральной Америки. Тыква — одно из самых древних культурных растений, ее выращивают уже 9 тысяч лет. После открытия Америки она очень быстро завоевала популярность в Европе, а с XVI столетия известна в России.

Плоды тыквы удивительно красивы и разнообразны: удлиненные или круглые, зеленые, желтые, оранжевые или полосатые, с кремовой, желтой или оранжевой мякотью. Не захочешь, а купишь, особенно когда на прилавке выложены очаровательные тыквочки размером с кулак, а потом думаешь, что делать с этими малявками. Но бывают и очень крупные плоды, весом более двухсот килограммов. К виду *C. pepo* также относятся кабачки *C. pepo var. giromontia* и цукини *C. pepo var. cylindrica* (о кабачках см. «Химию и жизнь», 2008, № 5). Есть еще патиссоны, или тарелочные тыквы *C. pepo var. patisoniana*, они же *C. melopepo*, похожие на летающие тарелки с фестончиками. Растут они кустами, как и кабачки, но мякоть у них желтоватая.

Чем полезна тыква. Мякоть тыквы содержит углеводы, в том числе пектины, белки и сахара: глюкозу, фруктозу и сахарозу. Содержание углеводов варьирует от 2 до 13%, причем разные сорта отличаются по степени крахмалистости. Тыква богата солями фосфора, калия, кальция, железа, магния, меди, кобальта и кремния. Это кладезь витаминов группы B, E, PP, аскорбиновой кислоты, а главное, каротина (провитамина A). Особо оранжевые сорта содержат до 40 мг каротина в 100 г мякоти, их специально выращивают для производства витаминных концентратов.

Тыква хороша тем, что низкокалорийна, не раздражает желудочно-кишечный тракт, поскольку в ней мало клетчатки и органических кислот, и легко усваивается. Поэтому она полезна людям, страдающим лишним весом или не желающим его набирать, пациентам с желудочно-кишечными расстройствами, болезнями печени и почек. Второе ее несомненное достоинство — пектин, выводящий из организма холестерин и хлориды. Поэтому тыква хороша при атеросклерозе и подагре. Кроме того, тыква — мягкое мочегонное средство. И разумеется, это источник витаминов, особенно провитамина A.

С чем ее едят. У тыквы приятный и ненавязчивый вкус, она прекрасный компонент практически любого блюда: сладкого, соленого или острого. С ней готовят каши и запеканки, тушат, обжаривают и отваривают, делают тыквенные оладьи, варят с ней супы, режут в салаты. Она может быть гарниром к мясу и птице и начинкой для пирожков. Из нее получают великолепные джемы и варенья. В общем, тыква — продукт универсальный, хоть на хлеб ее мажь, хоть с кашей ешь. Вкусен и полезен тыквенный сок, который хорошо сочетается с морковным и яблочным.

О тыквенных семечках. В середине диетической тыквы нас поджидает сюрприз — высококалорийные семена. В 100 г продукта заключено 580 ккал, что неудивительно, поскольку тыквенные семечки содержат до 52% жирного масла и до 28% белка. Кроме того, в их состав входят витамины, каротиноиды и другие биологически активные вещества, смолистые вещества и салициловая кислота.

Подсушенные тыквенные семечки — любимое народное лакомство во многих странах, где выращивают тыкву. Благодаря высокому содержанию витаминов, микроэлементов и незаменимых аминокислот они очень полезны, только надо помнить о калориях. Из семян тыквы делают муку, которую используют для



панировки мясных и рыбных котлет, загущения и ароматизации супов, каш, соусов, творожных запеканок и сырников. Тыквенную муку добавляют в тесто (15—30 г на килограмм пшеничной муки), из которого делают блины, оладьи, хлеб и выпечку. Такая мука обогащает готовые изделия белком и увеличивает срок их хранения.

Тыквенные семечки издавна славятся противогельминтными свойствами. Правда, чтобы победить паразитов, нужно съесть натошак 300 г измельченных семян. Антигельминтный эффект оказывает белок кукурбитин, он не убивает паразитов, но заставляет их открепиться от кишечника, так что после поедания семечек нужно принять еще и слабительное. Тыквенные семечки не так эффективны, как современные синтетические препараты, зато нетоксичны.

Чудодейственное масло. Трудновато съесть разом 300 г семечек, но можно проглотить 30 г тыквенного масла. Натуральное тыквенное масло темно-зеленого цвета. Чтобы получить литр масла, нужно 2,5 кг семян и более 30 тыкв, поэтому стоит оно дорого.

В его состав входят пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и линоленовая кислоты, эфирные масла, пектины, витамины и более 50 микро- и макроэлементов, в том числе цинк, магний, кальций, фосфор, железо и селен. Народная медицина уверяет, что масло тыквы улучшает обменные процессы в тканях и снимает воспаление, поэтому полезно при ожогах, жжении и зуде. Пектины тыквенного масла выводят из организма вредные вещества.

Масло пахнет, в зависимости от сорта, орехами или жареными тыквенными семенами (технология получения масла предусматривает обжаривание молотых семян). Его используют для заправки салатов из зелени, овощей и фруктов. В этом качестве оно хорошо сочетается с яблочным уксусом или сидром. Тыквенным маслом не испортишь каши, макароны, запеканки и овощные блюда, в том числе из тыквы. Им ароматизируют соусы, выпечку и готовые блюда из мяса и рыбы. Для жарки тыквенное масло не подходит, поскольку не выносит прокаливаний.

Другие тыквы. Род *Cucurbita* включает около двадцати видов, и некоторые из них вполне съедобны, например мускатная тыква *C. moschata*, введенная в культуру на полторы-две тысячи лет позже, чем обыкновенная. Ее плоды разнообразны по размеру и форме, бывают гладкие или ребристые, цвет от темно-зеленого до белого. Мякоть у мускатной тыквы оранжевая или зеленоватая, сладкая и мягкая, практически лишенная пищевых волокон. Из нее делают сладости. Однако у мускатной тыквы съедобна не только мякоть, но и недозревшие плоды, а также цветки и молодые побеги. Семена богаты маслом и белками, в городах Латинской Америки их часто лузгают.

У гигантской тыквы *C. maxima* самые крупные в мире плоды: рекордсмены превышают в обхвате 4 м и весят более 800 кг. Такую тыквину действительно можно превратить в карету. Как и у других видов, плоды гигантской тыквы бывают разного цвета, формы и гладкости.

В последние годы внимание специалистов привлекает *C. argyrosperma* (*C. sororia*). Ее культурным вариантам тоже не менее семи тысяч лет. В этой тыкке главное — семечки, до трех сантиметров длиной и до полутора в ширину. Их поджаривают с солью и едят, а также тушат с ними мясо. Мякоть у *C. argyrosperma* горькая, и есть ее можно, только вымочив хорошенько и несколько раз вскипятив. Горечь этой тыкке придают тритерпеноиды кукурбитацины, которые всегда присутствуют в плодах семейства тыквенных. Горчить могут и обычные тыквы, перезревшие или испортившиеся от длительного хранения, но в *C. argyrosperma* кукурбитацинов особенно много. В больших концентрациях они вызывают язву желудка, поэтому горькую тыкву лучше не есть.

На полуострове Юкатан крестьяне используют мякоть *C. argyrosperma* для лечения ожогов, язв и высыпаний на коже, а отвар семян пьют как обезболивающее и дают кормящим матерям, чтобы у них было много молока.

И не тыквы. Есть такие представители семейства тыквенных, которые не относятся к роду *Cucurbita*, однако называются тыквами. О восковой тыкке *Benincasa hispida* «Химия и жизнь» уже упоминала (2013, № 8). В пищу идет и незрелый плод, и спелый, и масло из семян выжимают, но «изюминка» этого вида — восковая оболочка тыквины. Ее легко соскрести, и в некоторых тропических странах этот воск используют в медицинских целях и для изготовления свечей, благо плод порой достигает двух метров в длину.

Бутылочная тыква *Lagenaria siceraria* — культура, которую выращивают не для еды, а чтобы делать из нее посуду, в том числе знаменитые калebasы, и музыкальные инструменты. Форма и размер бутылочной тыквы варьируют, поэтому инструменты (и сосуды) получаются самые разные. Лагенария — одно из древнейших культурных тыквенных. Она распространена в тропиках Индии, Китая, Южной Америки, Африки и островов Океании. Оболочка зрелых плодов содержит каменистые клетки, очень прочна и абсолютно водонепроницаема. Зрелые лагенарии не тонут в соленой воде и выдерживают трансатлантическое путешествие, при этом их семена не теряют всхожести. Так растение расселилось по нескольким континентам, жители которых тысячелетиями делают из его плодов кухонную утварь. Молодые завязи *L. siceraria* мягкие и съедобные, но они горьковаты — будьте осторожны, если захотите съесть неспелый калebas

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ

Художник Н. Колпакова





Художник Е. Станикова

Ёлы-палы



Юрий Иванов

ФАНТАСТИКА

Мерцающие пришли, как всегда, неожиданно, накатились, словно валуны с осыпи, придавили. Потянули болью — рывками, до дурноты. Голова пошла кругом, в глазах светлячки замельтешили. Чуть отпустило, и снова. Ох, придется помучиться! Приходят, когда захотят. Одно хорошо, что ненадолго, на дней — как пальцев на руке.

«Только вас мне не хватало, — подумала Пукки, присев от боли на корточки, — как нарочно, под переход подгадали. А то и правда, перейти нешто?»

Тихонечко так подумала, шепотом. Хоть на полдня во круг ни души не слышно, а все ж. На всяко — тихо.

На переход собираться нужно совсем молча, чтоб ни мыслишки единой! Не то учуют палы, нагонят, раздерут на лыко. Маленькие, а злые. Хорошо, если ёлы прибегут на шум — отобьют. Ёлы большие и сильные, палы их побаиваются. А если не успеют ёлы или не услышат, могут палы и насмерть задрать. Так у них заведено — чтоб другие не повадились. Чтоб. Или от обиды, что сами маленькие, — кто знает?

И ведь не станут рядить, с чего это несносная ёла перейти решила, — сразу драть! И не возмыслишь им, что самим-то вам почто такая ёла? Ведь ни один пал на бедную Пукки глаз не кладет! Ну и пусть Пукки белянку, пусть. Что ж теперь она не ёла, что ли, раз светловолоса? Чай, ей тоже охота. Нешто ей до смерти ходить беспалой? А потому и решила на переход, что несносная. С кого ей снестись-то! То-то и оно, что не с кого. Если только редкий гость забредет, северный пал...

Ох, не надейся на тот случай, ёла, при твоей жизни ни разу северный не захаживал!..

Пукки огладила живот, чтоб унялся. Послушался. Встала, дальше отправилась.

Как мерцающие уйдут, дней через — как пальцев на двух руках — переход и откроется. В самый короткий день, да и дня-то почти не будет — так, обложит Ярko снег и спрячется. Надо успеть найти переходное дерево. А если повезет, то отыщет Пукки и потустороннего пала по себе.

Неёла Рина надумала как-то на краешек Пуккиного ума, что забавные те потусторонние. Счастливица Рина! Хоть и без глаза вернулась, подранная. А все ж — со сносенком. Считается в народе, будто понесла Рина от своего пала, как заведено. А может, и впрямь от своего — кто знает? Может, зря все Рининогo пала немощным считают? Удачница Рина, как промеж себя мыслят другие неёлы, не драные. Умница.

Вот и переходной день! Ярko высунул край из-за леса и спит глаза ёле. Ишь, как искрится снег! Насмеается над несчастной Пукки. На снегу все видать: и где ёла перешла, и где воротилась. Если повезет, вернется она след в след, миг в миг, как не переходила совсем. Да раз-

ве белянкам везет когда-нибудь? Неспроста же водится помысловка: «Не родись красивой, родись не сивой». Вот и насмеается снег, поэтому.

Тс-с! Тихо надо. Не думать, тс-с. Лучше поищем родственное дерево переходное.

Разлапистые стояли недвижно, покряхтывая под снегом. Много налипло со вчерашнего снеговала, да еще пристужило ночью — вот и кряхтят, колючки распушив, сбросить тужатся. Как раз, чтоб ёле перейти легче было, под напругой-то стволы лучше двоятся. Полствола тут, полствола там, только найти щелку, и — шмыг между! Ёлам дано.

А палы — нет, не могут, не видят потому что. И не ёлам тоже переходу нет. Мыслят бывшие ёлы, что будто ослепли они после сноса. Помнят, как раньше видели двоение, и забыли, ровно. А может, просто не хотят они его видеть — кто знает?

Оттого, может, и злятся они пуще палов, счастливицы. Уж неёлы точно насмерть задерут, если поймают на переходе! Благо, некогда им, со сносятами на руках не до ловли. Разве только неёла Рина драть не станет, потому как сама перехожица...

Вот это древо — в самый раз! Дугою ствол вытянулся. Видно, огибал другое большое древо, пока молодой был, к небу тянулся. Другое теперь сгнило, а дуга осталась. В самый раз. Почти на толщину ствола щель, издали заметно. Тут перейду, решила Пукки. Не думая, нутром решила. Тихо.

Прошла сквозь древо легко, только щеку об кору оцарапала. Спрыгнула на снег, огляделась-прислушалась. Никого.

Потянула носом — и тут как шибануло по уму страхом! Будто горелым болотом повеяло. Пожары ведь зимой не случаются, а тут — пахнет! Пригляделась в ту сторону, откуда запах идет, — вдалеке, в низине, ровная серая полоска меж деревьев виднеется. Каменная? Нет, слишком ровная.

Ярко обратно спрятаться не успел, голубит снег, полоску выдает. Палы в народе Пукки любят ровные места — полежать, посидеть, о своих неёлах поразмыслить меж собой. Может, и на этой стороне палы таковы же? Решила к полосе идти.

Оглядываясь да прислушиваясь, спустилась ёла к полоске. Та оказалась широкой и длинной. На такой несметное число палов может разместиться, куда больше, чем живет во всем народе Пукки. Нет, не для посиделок паловых эта полоса. И пахло от нее!

Ступила на темно-серое одной ногою. Твердо! Ступила второй, потопталась. Захолодило ноги, хуже, чем на снегу. «Пойду по ней, — подумала ёла, — а там видно будет».

Направилась по полосе, чуть подворачивая ступни набок, чтобы сильно не выстывали. Быстро шлось по ровному!

Немного и прошла-то, но Ярko уж скрылся совсем, только красное марево на краю неба осталось. Добрела до места, где полоса раздваивалась: короткая часть ее уходила в лес и тут же обрывалась. «Чудно! — подумала. — Странное оно, это потусторонье...»

Не успела так подумать, вдали слышался шум, будто шмель летит. Только шмель огромный, раз до него далеко, а слышно, будто он рядом! Забеспокоилась Пукки. А тут и вовсе страх пробрал: Ярko из-за леса стал обратно выкатываться, с той стороны, откуда шмель летел! Да будто заметался Ярko — то так посветит, то эдак.

Решила сойти в лес и спрятаться за деревьями, а там видно будет.

Тойво гнал машину резво, хотя занести на повороте могло запросто. Пусть резина на колесах стояла зимняя, но все равно, попадись наледь — и поминай как звали! А все женушка, зараза, нервов на нее не напасешься! Еле вырвался из дому. «Знаю тебя как облупленного, — кричала, — надеретесь опять с кумом, а потом пьяный за руль сядешь! А если останешься у Паули проспаться, что ж мне — одной Рождество встречать, что ли?! Детей-то не нажили».

Дура баба, ой дура! И ведь знает, что Паули остался один с двумя ребятишками, а к ним на хутор только почтальон изредка заезжает, одиноко живут. Надо же детей поздравить, и самого Паули тоже. Какое Рождество без подарков! Туда и обратно, всего-то на час делов, а зато радость какая малышам!

Наконец показался съезд к хутору. Тойво свернул с шоссе, остановился на спуске. Дальше полкилометра пешком. Или на снегоходе, как Паули добирается. И чего ему дорогу к хутору не доведут? И телефонную линию до сих пор не протянули. Ох уж эти власти!.. Слава Богу, теперь мобильная связь есть, чтобы поболтать с родней.

Тойво распрямился во весь свой двухметровый рост, выбравшись из приземистой легковушки, потянулся. Мешок с подарками лежал в багажнике. Достал. Поправил колпак. Ну, с Богом!

Пал попался сразу крупный, чуть пониже Пукки. Что это пал, ёла поняла по запаху. А еще раньше — по оглушительным мыслям, которые так и рвались из его головы, разлетаясь по всему лесу. Наверное, важные, раз он хочет, чтобы о них знали все? Но думы его оказались обычные — о своей неёле, которую он ругал за глупость и упрямство. «В точности как у нас! — Пукки так разочаровалась, что даже не укрыла свою мысль. — Видно, палы везде одинаковы».

Однако ёла не поняла, почему таким сильным палом помыкает та небольшая неёла. Ох, и надоела она ему, наверное! К тому же сносят так и не принесла. А тут и Пукки кстати!

Пал оказался не бурим, как в народе ёлы, а красным! Он вылез из страшного, пахнущего болотной гарью и ярко светящего глазами создания. Из задницы чудища он достал большой, тоже красный мешок, забросил его на плечо и пошел в сторону Пукки. Ёла обрадовалась, что пал уже заметил ее по опрометчивой мысли и хочет сделать своей новой неёлой! А в мешке, конечно, вкусное — отдать за ёлину любовь, как в народе Пукки принято.

Красных палов она прежде не встречала. Поэтому ей стало страшновато. Но она ведь за тем и перешла, чтобы пала найти! И Пукки решилась — вышла красному навстречу и послала сильный любовный призыв. Похоже, слишком сильный. Пал остановился перед ёлой, открыв рот, и замер. Любовный отзыв от него в ответ не пришел.

А ведь права неёла Рина — забавные тут палы! Вместо того чтоб одереветь от призыва в нужном месте, деревенеют целиком. А вдруг пал не так понял ее? Ёла непристойно развела руки в стороны и для верности покачала бедрами. Как делают бывалые неёлы, когда хотят пала. Нужное место у красного снова не отозвалось. Вместо этого изо рта его послышался сиплый стон. Пал попятился и упал спиной в снег.

Пукки подумала, что в потусторонье любят наоборот, и сама двинулась к палу. Однако тот не развел руки в стороны! Он отполз немного на спине, потом перевернулся и встал на четвереньки, задом к Пукки. Пал вел себя как ничейная неёла! Пукки даже засомневалась, не подвел ли ее нюх? Но тут красный заголосил так, что у Пукки заложило уши! Он сбросил красную шерсть с головы, отшвырнул мешок с вкуснотой и побежал к своему чудищу. Красный влез под крыло вонючему созданию, оно взревело, пукнуло дымом и умчалось по полосе туда, откуда пришло.

«И здесь не любят белянко!» — опечалилась Пукки.

С трудом проникла в мешок, боясь порвать. Ничего съестного там не оказалось. «Он даже не собирался меня любить, — взгрустнула ёла. — Наверное, тоже немощный, как Ринин пал».

Поразмыслила. Получалось, что неёла дала палу мешок. За любовь, не иначе. Наверное, тут, наоборот, неёлы благодарят палов, решила она. Может, потому и сбежал от нее этот Тойво, что она с пустыми руками его призывала, — кто знает?

Взвалила Пукки мешок на плечо, как держал его красный, и двинулась в ту сторону, куда направлялся до встречи с нею. Если встретится другой пал, теперь у ёлы найдется, чем его отблагодарить!

Тойво трясло. Он сидел за столом, не сняв наряда Санта-Клауса, и грязно напивался.

Полчаса назад он влетел как ошпаренный в дом, задвинул засов и принялся вливать в себя спиртное — без разбору, какое попадет под руку. Было ясно, что если его не остановить, то запасы алкоголя, приготовленные в расчете на все рождественские праздники, закончатся к утру.

— Я знала, что ты когда-нибудь допьешься! — отчитывала Тойво жена, не решаясь, однако, отнять у мужа бутылку. — Ишь, выдумал — белая обезьяна! Белая горька это, вот что я тебе скажу!

— Молчи, женщина! — Тойво влил в себя еще полстакана. — Эта образина была настоящая! Она вот так делала — не пойму зачем.

Тойво встал, развел руки в стороны и, пошатываясь, повалил бедрами.

— Старый ты кобель! — заплакала жена и ушла на кухню. Рождество было испорчено окончательно.

На холме угадывалось в сумерках какое-то нагромождение. Пахло оттуда непривычно — и как от волка, и как от лосихи, но не так, иначе. И еще оттуда шел свет.

Наверное, здешний народ просто не видит в темноте, догадалась Пукки и решила больше не бояться маленьких Ярко. Но все равно это место ее очень тревожило. Не будь она несчастной белянкой, нипочем бы сюда не пошла!

Едва ёла приблизилась, ее учуяли животные и залаяли, как лисицы. Она долго внушала двум таким зверям спокойствие и сон. Получилось, теперь они спали. Надо же, столько сил потратила, а будет ли толк — это еще пальцем по воде писано! Да и есть ли тут хоть один пал?

Прислушалась ёла. Различила мысли сразу троих: двое сносят ссорились, один взрослый пал готовил для них еду и горевал о бывшей неёле. Почему та ушла от него, Пукки не поняла.

Ёла в растущей тревоге подошла к нагромождению вплотную. Из больших дыр в нем шло много света и доносились голоса сносят. Уж теперь-то ей должно повезти — этот пал оказался плодовитым и нестарым! И еще, увидела она в мыслях пала, его неёла была белянкой! Как Пукки. Это обнадеживало.

— Папа, пап! — Кайса поддергала Паули за рукав. — А когда Санта придет?

Носик вздернутый, личико конопатое, глазки голубые, две светло-русые косички с праздничными бантами. Вся в мать, грустно подумал Паули, переворачивая на сковороде отбивные. Такая же нетерпеливая, как Лисса. Бывало, та как пристанет — лучше сразу согласиться, все равно своего добьется!

Санта, то есть Тойво, обещал прийти. Говорил, подарки принесет на Рождество. Даже костюм красный грозился надеть, все как положено. Задерживается. Или он уже начал праздновать и за руль решил не садиться? Нет, Тойво слово держит! Придет.

— Скоро, — ответил отец, прижимая локтем дочку к себе — руки жирные, а платице у Кайсы светлое, не испачкать бы! — Не успеем сесть за стол, как придет! — улыбнулся.

Кайсе восемь, она еще верит в Санту. Яри — уже нет, в десять лет мальчики почти взрослые, хотят походить на отца. Вон, рыжик по собственному почину уже и елку нарядил. Весь в меня, подумал Паули.

— Отец, — позвал сын из комнаты, — смотри, кто к нам пришел!

Кто-кто, Тойво, конечно. Наконец-то!

Паули подошел к сыну, глазевшему в окно. Прильнул к стеклу, отгородившись ладонью от отражения лампочки. Ого!

За окном и впрямь стоял Тойво с мешком подарков. Только на этот раз кум превзошел себя — не Сантой нарядился, а самим Йоулупукки! С головы до ног Тойво был одет в белую козлиную шкуру. Ну и правильно, сельские традиции забывать нельзя — так еще дед Паули учил.

— Одевайтесь! — скомандовал Паули детям. — Йоулупукки вам подарки принес!

Куда-то подевались очки. Ладно, не до них, решил Паули, набрасывая на плечи тулуп и нахлобучив лисью шапку.

Этот пал оказался небольшим и рыжеволосым. Какого цвета волос у него под сменной шкурой, Пукки узнает позже. А сейчас ее волновали сносят, которые радостно кричали голосом:

— Ёла Пукки, ёла Пукки с подарками!



ФАНТАСТИКА

Что ёла — понятно. Странно, как сносят узнали ее имя. Малыши, тоже в сменных шкурках, радостно скакали вокруг ёлы. Они чего-то хотели. Пукки не знала, как сделать, чтобы они угомонились. Стояла с мешком на плече, не двигаясь.

Пал подошел ближе. Пригожий какой! Немного подслеповат, но это не главное. У Пукки застучало в груди, как после подъема на скалу по осыпи. От пала веяло спокойствием и уверенностью. Этот, этот, поняла она!

— Ну что же ты, ёла Пукки, — обратился к ней пал, — где твои подарки? — Он указал рукой на мешок и подмигнул одним глазом. В народе ёлы подмигивание считалось приглашением к уединению. В той стороне, куда направлен мигнувший глаз. Получалось — в том пугающем нагромождении, из которого к ней вышли эти трое. Пукки с радостью согласилась бы пойти даже туда, но сносят...

Ёла сняла с плеча мешок и опустила на снег перед палом. Малыши тут же стали вытаскивать из него какие-то приятные для них штуки и смеяться. «Вот моя благодарность, люби же меня!» — послала она призыв в сознание пала. Тот тряхнул головой и тихо прошипел:

— Тойво, дружище, ты уже набрался, да? Что за чушь ты несешь?

Пукки помнила, что пала в красной шкуре звали Тойво. Странно, она ведь совсем не похожа на него. И шкура у нее другого цвета.

— Вау, имитатор истребителя, — приплясывал рыженький сносёнок, — с имитатором перегрузок!

— Вау, кибернетическая Барби! — вторила ему беленькая сносёнка. — Она даже писать умеет, правда, пап?

Пукки не знала, как поступить. Этот умопомрачительный пал ее не понимал. Он щурил глаза и подмигивал, и ёла изнемогала в предвкушении. Один неверный поступок, и все могло пойти прахом!

И Пукки решила! За такое в народе ёлы полагалась смерть. Но в потусторонье все по-другому — может, здесь не убьют. А хоть бы и убили! И она вошла в сознание пала...

— Яри, Кайса, — сказал Паули, — идите в дом, там рассмотрите свои подарки. А мы с дядей Той... с Йоулупукки прогуляемся до шоссе.

Дети помчались включать свои чудо-игрушки. «Молодец, Тойво!» — хотел сказать Паули и врезать как следует куму кулаком в богатырское плечо! Но сказал совсем другое:

— Ты ведь не Тойво, ты... Лисса?

«Я Йоулупукки», — пришел ответ. Но голос... а голос ли?... голос был ее, Лиссы!

Они уже спускались по тропинке с холма к лесу, как-то незаметно удалившись от дома. Ощущение сказки



ФАНТАСТИКА

охватило Паули, он вдруг поверил в чудеса, как не верил никогда, даже в детстве. Лисса, Лисса вернулась! Те же светлые волосы, та же мягкая походка. Только ростом повыше стала. Ну что ж, бывает, выросла за два-то года!

— Э, нет! Йоулупукки — рождественский козел, — не согласился Паули. — А ты не похожа на козла. Да и я, признаться, ни за что не стал бы любить козла. Несмотря на два года воздержания. Ты — Лисса, да?

«Я буду Лиссой, — услышал он, — я буду, кем захочешь!»

Они уже шли по лесу, Паули обнял свою Лиссу за талию, охваченный вожделением, а та не противилась. Одно было непонятно, почему они уходят все глубже в лес, хотя надо бы наоборот, в дом. В постель надо.

— Господи, как жарко! — воскликнул Паули, остановившись. Сбросил на снег тулуп. Опустил на него любимую.

«А будет еще жарче», — пришел искренний ответ Лиссы. Правдивый ответ.

— Нет, Тойво, этого не могло быть! — Паули с трудом сдерживался, чтобы не рассмеяться в телефонную трубку. — Друг мой, снежных людей не существует! Надо меньше пить...

— Но ты же сам писал в своей монографии, что есть доказательства! Будь другом, Паули, скажи моей благоверной в трубочку, что ребятишкам подарки принес не я, а самка йети! — По взволнованному голосу Тойво чувствовалось, что утро выдалось для него не самым счастливым.

— Дорогой мой кум! Я скажу ей все, что хочешь, но ты ведь знаешь, что она не поверит! — Паули задумался, как бы разуверить друга. — И потом, с чего ты взял, что видел именно самку?

Тойво раздосадованно засопел в трубку. Да уж, с логикой не поспоришь. Но кум предпринял последнюю робкую попытку:

— Она так бедрами крутила... знаешь, как... как женщина...

— Э, брат! Теперь бедрами кто только не крутит! Ты, вот что... повинись-ка перед женой, что перебрал лишнего. Не в первый же раз, простит. И счастливого Рождества тебе!

Паули прервал связь. Оставалось дописать несколько строк в «Сайнс джорнал», и можно будить детей — солнце уже высунуло краешек из-за леса, пора им вставать.

«Тем самым признаю, что исследования материалов, свидетельствующих о существовании бигфутов, были проведены мной и истолкованы тенденциозно. Также заявляю, что проникновение таких существ в наш мир извне невозможно». Точка. Отправить. Письмо ушло в редакцию.

«Эх, Лисса, Лисса, — грустно покачал головой Паули, — как же мне одиноко без тебя! Не кори меня за вчерашнее, прошу. Пукки — она хорошая. И совсем одинокая. Да ты и сама видишь, сверху-то».

Вылупилась Пукки из древа удачно, след в след. А вышло ли миг в миг, потом выяснится. Только бы никого поблизости не оказалось!

Прислушалась. Ни души не слышно. Повезло!

И тут как деревом упавшим по голове — громкая мысль чужая! Ухнуло все внутри, вниз запросилось. Страх такой — хоть тут же опорожняйся!

«Вот я и толкую тебе, что перехода нет, а ты мне не верила!»

Обернулась Пукки — неёла Рина за спиной стоит, сносе́нка на руках держит! И как подкралась-то незаметно! Значит, миг в миг не вышло, иначе до перехода увидала бы Пукки неёлу.

Станет драть, не станет? Зубы вроде не скалит, и сносе́нок спокойный, спит. А мыслит Рина так, будто они с Пукки давно беседуют. Это чтоб палов обмануть, догадалась ёла.

«Верно, нет перехода», — подумала Пукки. Глянула на древо — и правда, не двоится оно! Не то переход закрылся, не то она теперь на сносях. Уже?

«Понесешь как все, от здешнего пала, — продолжала Рина громко. — Вон его следы, — показала она рукой на бесснежную горную осыпь, — пришел с севера, ушел на север. Я вас видела вдвоем».

Дуркует Рина, сказку для палов выдумывает. Эх, не видела ты, Рина, моего настоящего пала! — хотела подумать Пукки, но сдержалась. Прошедшая ночь в потусторонье еще жила в ней. Она сладко вздохнула.

«Он вернется? — спросила мысленно Пукки. — Северные палы редкие гости в наших краях».

Рина посмотрела на бывшую ёлу с пониманием. Рада за тебя, говорил ее уцелевший глаз.

«Бывает, что они возвращаются, — ответила, — либо ты сама искать его пойдешь. Если соскучишься».

Я соскучусь. Обязательно соскучусь, решила Пукки. Нутром решила, тихо.

Тс-с.





Московский Дом Книги

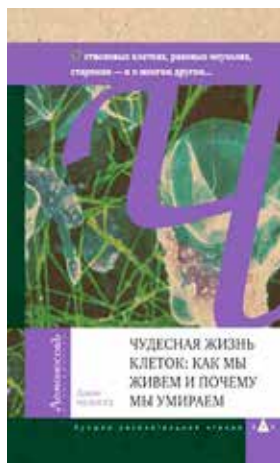
СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Льюис Уолперт

Чудесная жизнь клеток: как мы живем и почему мы умираем. О стволовых клетках, раковых опухолях, старении — и о многом другом...
ЛомоносовЪ, 2013



Что мы знаем о жизни клеток, из которых состоим? Очень немного. Льюис Уолперт восполнил этот пробел, и получилась не просто книга, а руководство для понимания жизни человеческого тела. Как клетки рождаются, размножаются, растут и приходят в упадок? Как они обороняются от бактерий и вирусов и как умирают? Ответы на эти вопросы можно узнать из книги Уолперта.

Ричард Форти
Трилобиты.

Свидетели эволюции
Альпина нон-фикшн, 2013



Перед нами первая популярная книга на русском языке о трилобитах. Миллионы лет назад эти необычайные животные самых немислимых форм и размеров, хищные и мирные, крошки и гиганты, царили в океанах и на суше... а потом исчезли.

Поль де Крюи

Охотники за микробами:
лучшая книга о величайших
открытиях в микробиологии
Астрель, 2012



Эта книга входит в сотню лучших научно-популярных книг всех времен. Новые и новые поколения читателей узнают, как первые микробиологи вступили в борьбу с извечными врагами человека — болезнетворными микробами.

Нил Шубин

Вселенная внутри нас. Что общего у камней, планет и людей
АСТ, 2013



«...Возвратишься в землю, из которой ты взят,

ибо прах ты и в прах возвратишься», — напоминает Библия. «Так и есть», — соглашается профессор биологии Чикагского университета и член Национальной академии наук США Нил Шубин. И уточняет: человек состоит в кровном родстве не только со всеми живыми организмами, но и с землей, с водой и воздухом, с нашей планетой, с Галактикой и всей Вселенной. Наши тела сотканы за миллиарды лет эволюции из «звездной пыли». Автор с космическим размахом рассказывает историю человечества, начавшуюся в момент Большого взрыва. Первую книгу палеонтолога и эволюционного биолога Нила Шубина «Внутренняя рыба» (2008, пер. 2010) Национальная академия наук США признала лучшей книгой 2009 года.

**Ж.А.Медведев,
Р.А.Медведев**

Взлет и падение Т.Д.Лысенко;
Кто сумасшедший?
Время, 2012



Книга «Взлет и падение Лысенко», совместная работа Жореса и Роя Медведевых, озаглавленная в первой редакции 1962 года «Биологическая наука и культ личности», получила широкое распространение в самиздате. В 1963—1966 годы она много раз дополнялась. Самиздатский вариант в свое время сильно повлиял на восстановление в СССР классической генетики и традиционных научных исследований в биологии, а также способствовал ликвидации псевдонаучных теорий.

**Эти книги можно приобрести
в Московском доме книги.
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8.
Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru**



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Стрижи

Союз охраны птиц России объявил наступающий 2014 год Годом черного стрижа. Расскажем немного об этой птице — типичном обитателе нашей страны, который обитает от западных границ до Забайкалья, от южных морей до Заполярья.

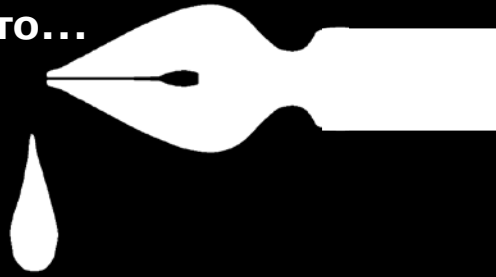
Это один из самых быстрых и неутомимых летунов — развивая скорость в 100 км/ч, он ежедневно по 18 часов проводит в воздухе, пролетая более полутора тысяч километров. Стриж на лету делает все: ест, пьет, спаривается и собирает материал для строительства гнезда. А вот на земле он себя чувствует очень плохо: короткие лапки не позволяют ему ни подпрыгнуть, ни разогнаться, чтобы набрать достаточную для взмаха длинными крыльями высоту. Поэтому упавший на землю стриж совершенно беспомощен; встретив такую птицу на дороге, нужно попытаться подбросить ее вверх: падая с высоты человеческого роста, она сможет взлететь, если не потеряла силы. К сожалению, ослабевшего стрижа спасти трудно: он питается только свежими насекомыми, которые на огромной скорости влетают ему в глотку. Протолкнуть туда палочкой комочек, сделанный из пойманных человеком мух и комаров, не каждый сумеет. А иначе стрижа никак не накормишь.

Любовь к полету заставляет стрижей строить гнезда на большой высоте: в дуплах деревьев, возвышающихся над лесом, в расщелинах скал, высоких обрывах на берегах рек и под карнизами домов, желательны многоэтажные. «Скальный» ландшафт городов нравится стригам, и они приносят немало пользы: стрижи главные истребители городских комаров.

Прилетая к нам в начале мая, стрижи отнимают гнезда у мелких птиц либо строят свои, натаскивая туда летающие в воздухе пушинки, бумажки и даже обрывки полиэтиленовой пленки. Все это склеивается липкой слюной. Стриж по многу лет селится в одном и том же месте, надстраивая свое гнездо, а бывает, что занимает освободившуюся жилплощадь, например дождавшись, когда подростки скворцы покинут скворечник, при этом ведет себя нахально, фактически стоит у тех над душой. А о том, как устроить стрижатник у своего дома и когда это следует делать, можно прочитать на форуме СОПР по адресу: www.rbcu.ru.

С.Анофелес

Пишут, что...



...использовать солнечный ветер в качестве движущей силы для космического аппарата можно с помощью электрического паруса из множества тонких проволочек, которые находятся под высоким положительным потенциалом («Космические исследования», 2013, 51, 5, 428—435)...

...по мнению специалистов, глубоководные аппараты «Мир» остаются лучшими в мире, однако в нашей стране, располагающей двумя такими аппаратами, реальную практику погружений имеют только три пилота («Вестник РАН», 2013, 83, 10, 906—909)...

...русские ученые нашли в геноме человека эндогенный ретровирусный элемент, который влияет на активность генов, связанных с развитием психических заболеваний, в том числе шизофрении («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 48, 19472—19477)...

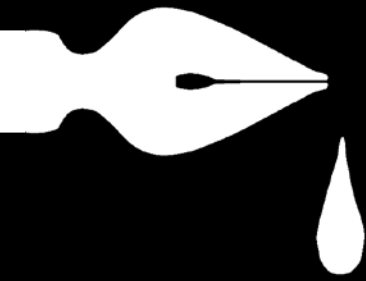
...американское Агентство по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов запретило известной компании 23andMe продавать дешевые тесты на гены предрасположенности к 254 заболеваниям («New Scientist», 2013, 2945, 4)...

...построена аналитическая теория орбитального движения Луны, пригодная на интервале нескольких десятков тысячелетий, тогда как для классических теорий он ограничен несколькими сотнями лет («Астрономический вестник», 2013, 47, 5, 390—394)...

...апробирован метод картографирования сплошных рубок леса по динамике спектральной яркости излучения в ИК-диапазоне, полученной спутниковой съемкой («Исследования Земли из космоса», 2013, 5, 62—69)...

...макроциклы Солнечной системы длительностью 179 лет и 1432 года наглядно отражены в радиальном приросте калифорнийской сосны; изучение этого процесса позволяет сделать вывод о возможности похолодания в первой половине третьего тысячелетия («Известия Русского географического общества», 2013, 145, 5, 10—18)...

...направленная искусственная эволюция одноклеточной водоросли *Haematococcus pluvialis* позволила получить мутантные формы фермента для эффективной биодеградации ядовитого гербицида атразина («Биохимия», 2013, 78, 10, 1412—1421)...



...в Воронежском заповеднике пять бобров одного поселения за шесть лет переместили в пруд 38,5 м³ грунта («Успехи современной биологии», 2013, 133, 5, 502—528)...

...случаи экстремально высокого загрязнения поверхностных вод суши в июне 2013 года зафиксированы на 24 реках России, водных объектов — в 34 областях («Метеорология и гидрология», 2013, 9, 99—106)...

...из всех отделов мозга у самцов и самок рыжей полевки больше всего различаются гиппокампы, отвечающие в том числе за пространственную память, — у самцов они тяжелее на 6,2—9,1% («Зоологический журнал», 2012, 92, 10, 1253—1258)...

...только в 60-х годах XIX века в России появляются открытые учебные заведения для девочек, которые следуют принципу «школа учит лучше, чем семья, а семья воспитывает несравненно лучше, чем школа» («Вестник Московского университета. Серия 8. История», 2013, 3, 70—79)...

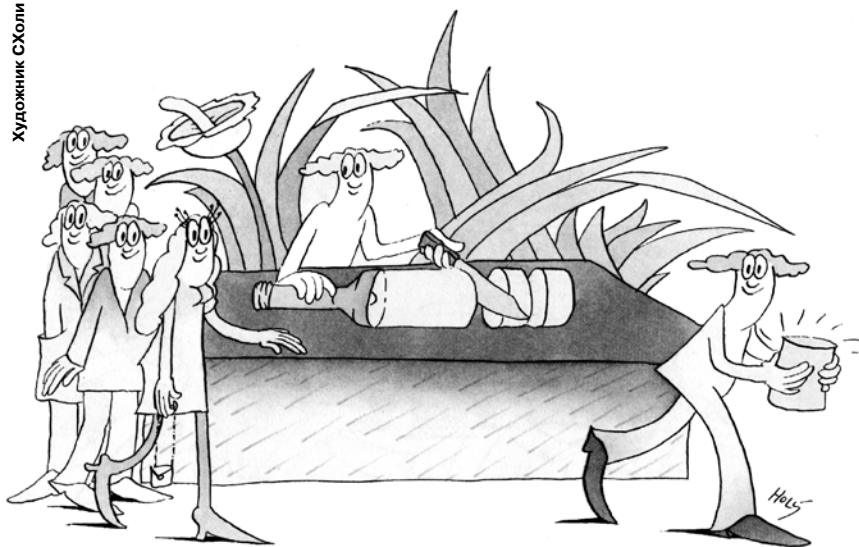
...государства СНГ можно разделить на четыре типа: страны неустойчивого развития промышленности — Азербайджан, Туркменистан, устойчивого развития — Беларусь, Узбекистан, страны со стагнирующей промышленностью — Россия, Украина, Казахстан, и сдеградирующей — Грузия, Молдова, Кыргызстан, Таджикистан («Известия РАН. Серия географическая», 2013, 5, 41—50)...

...установление социальных контактов с коренными жителями города или страны далеко не всегда предполагает обретение мигрантом чувства удовлетворения и ощущения полноты бытия, счастливой жизни («Психологический журнал», 2013, 34, 5, 3—15)...

...метагеномный анализ динамики изменений состава микробиоты кишечника участников эксперимента «МАРС-500» во время пребывания в модуле и после него показал заметные изменения, однако базовый состав кишечной экосистемы у каждого индивида сохранялся («Acta Naturae», 2013, 5, 3, 18, 120—129)...

...среди людей, называющих себя do-it-yourself biologists — биологами, экспериментирующими самостоятельно, — 92% делают это не только дома, но и в коллективе, 28% работают в учебных, коммерческих и государственных лабораториях и 19% имеют докторскую степень («Nature», 2013, 503, 7477, 437—438)...

Художник СХОЛИ



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Виски

Холодным зимним вечером, когда за окном бушует вьюга, приятно выпить стакан виски, сидя с закутанными пледом ногами в кресле-качалке у камина. Это совсем не то же самое, что махнуть? тот же стакан где-нибудь в электричке, возвращаясь с фазенды. И тому есть причина — цвет (см. «Химию и жизнь», ..), форма, запах и даже дизайн окружающего пространства непосредственно сказываются на нашем восприятии вкуса еды или напитка. Вот какой опыт по изучению этого феномена поставил профессор Чарльз Спенс из Оксфордского университета («Flavour», 2013, 23, 2, doi:10.1186/2044-7248-2-23).

Для дегустации виски оборудовали три зала. В первом пол покрыли дерном, вдоль стен расставили деревья с зелеными листьями и освещение сделали зеленоватое. Звуковым сопровождением служило блеяние овец и другие звуки, записанные летом на лугу. В центре второго зала светился красный шар, на круглом столе стояла ваза с красными фруктами, и вообще в комнате не было ничего угловатого. Известно, что люди соотносят понятие «круглый» со сладостью, а это был именно сладкий зал: в нем стоял сладковатый запах альдегидов и урсоловой кислоты, выделяемой из ягод и пряных трав, и слышалось позвякивание колокольчиков на разной высоте. Третий зал был обит деревом, а звуки были записаны в столярной мастерской. Участники — 441 человек — проходили через эти залы, в каждом останавливались на пять минут, нюхали виски, а затем выпивали небольшой глоток и отвечали, как им показался напиток. В первой комнате вкус виски был более травянистым, во второй — сладковатым, а в третьей — отдавал деревом, причем различие составляло полтора-два балла: это много при средних значениях оценки около 5 по десятибалльной шкале. Виски был один и тот же, его наливали один раз перед началом опыта, и доброволец отхлебывал из одного и того же стакана во всех залах.

Вот очередное подтверждение тому, какое большое значение имеют в нашем восприятии действительности «посторонние» факторы среды. Конечно, материя — это объективная реальность, но ощущения, в которых она нам дана, могут играть забавные шутки с нашим сознанием.

А. Мотыляев



П.П.БАЛАШОВУ, Санкт-Петербург: *Определить, содержится ли хлор в пластике, можно с помощью пробы Бейльштейна: медную проволочку прокалите в пламени горелки до прекращения его окрашивания, затем коснитесь проволочкой образца пластика и вновь внесите в бесцветное пламя; если хлор есть, оно окрасится в изумрудно-зеленый цвет.*

Полине СОКОЛОВОЙ, электронная почта: *Японская айва, или хеномелес Chaenomeles japonica, — невысокий куст с ярко-красными цветами и жесткими, но ароматными плодами, ее иногда относят к роду Cydonia, но айва обыкновенная, Cydonia oblonga, — другое растение.*

Е.В.ШАДРИНОЙ, Ростов-на-Дону: *Рибофлавин, или витамин В2, получают как химическим, так и биотехнологическим способом, во втором случае его синтезируют бактерии или микроскопические грибы, но рибоза для химического синтеза, возможно, также имеет биотехнологическое происхождение.*

А.В.МАРТЫНОВУ, Александров Владимирской обл.: *Название перловой крупы произошло от английского pearled barley; кому-то показалось, что шлифованная ячменная крупа напоминает жемчуг.*

З.М.БЕЛОУСОВОЙ, Ульяновск: *Из мандариновых корок можно сделать цедру, но удобнее не срезать ножом желтый слой с ароматными желёзками, как с лимоном или апельсином, а выскабливать изнутри, удаляя белые волокна.*

С.В.ЮДИНОЙ, Москва: *Отличить пихту от ели несложно: иглы у пихты более плоские и мягкие и менее колючие, а кора более гладкая; на елочном базаре главное отличие будет в цене — пихты существенно дороже, чем елки той же высоты.*

А.В., электронная почта: *Ни в коем случае не надо лечить насморк вдыханием паров неорганических веществ, особенно сильных кислот; некавалифицированные советы в сочетании с современными технологиями — двойная опасность.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Обратите внимание, что наш новый адрес для переписки — Москва, 119071, а/я 57; если кто-то отправил письмо на старый адрес, не беспокойтесь, нам его перешлют; адрес электронной почты прежний — redaktor@hij.ru.*

Химия и химики: попытка уничтожения

В статье, завершающей в этом году «Прогулки по истории химии», речь пойдет не о мрачном Средневековье. Как когда-то инквизиторы выискивали ересь — отклонения от «единственно правильного» христианства, так в сталинские годы новые инквизиторы выискивали отклонения от другой религии — «единственно правильного марксизма-ленинизма». Не это ли предвидел в 1909 году Н.А.Бердяев, когда писал: «Нужно наконец признать, что “буржуазная” наука и есть именно настоящая, объективная наука, “субъективная” же наука наших народников и “классовая” наука наших марксистов имеют больше общего с особой формой веры, чем с наукой».

В середине XX века советская власть, покончив со свободой творчества в литературе, театре и музыке, решила построить биологию, физику и химию. С биологией и кибернетикой это удалось, а с химией произошло вот что. В июне 1951 года состоялось совещание по теории химического строения в органической химии. С большим докладом вместо А.Н.Несмеянова (он очень кстати заболел накануне совещания) выступил академик А.Н.Теренин. Докладчик говорил об идеалистической сущности теории резонанса Лайнуса Полинга (тогда его фамилию транскрибировали как Паулинг) и теории мезомерии Кристофера Ингольда, но говорил в сдержанном тоне. Однако некоторые участники совещания были настроены более агрессивно и рвались устроить в химии аналог «лысенковской» сессии ВАСХНИЛ. Случись это, теоретическая химия в стране была бы отброшена на десятки лет назад, как это произошло с биологией и кибернетикой. Лавры Лысенко от химии снились профессору Военной академии химической защиты Г.В.Челинцеву. Он обрушился с критикой на «наиболее активных пропагандистов теории резонанса», назвав 26 химиков, в том числе президента АН СССР А.Н.Несмеянова. Об атмосфере на совещании лучше всего скажут отрывки из его стенограммы.

Г.В.Челинцев. Доклад преследовал одну цель: получить санкцию советской химической общественности на действия ингольдистов-паулингистов в направлении маскировки лженаучной мезомерно-резонансной теории, подавления ее принципиальной критики, укрепления монополии ингольдизма-паулингизма в советской химической теории... Повинные в тяжелых ошибках культивирования духа раболепия и махизма в советской химической науке товарищи чувствуют себя на этом совещании хозяевами положения: они далеки от прямой большевистской самокритики и не стесняются в средствах для дискредитации своих противников. Такими противниками, что и требовалось доказать, оказались не козлы отлучения — Сыркин и Дяткина или полукозлы — Волькенштейн и Киприанов (смех) ... Моя шестилетняя напряженная деятельность по внедрению диалектического материализма в химию, по изгнанию духа раболепия и махизма из советской химической науки, по критике мезомерно-резонансной теории и развитию теории Бутлерова расценена в докладе комиссии только как работа по привлечению внимания химической общественности к критике теории резонанса... Я считаю своим долгом назвать имена наиболее активных пропагандистов, сторонников или защитников лженаучной мезомерно-резонансной теории.

Вопрос. Каким образом на одном и том же атоме... одновременно могут быть и плюс и минус?

Г.В.Челинцев. Тиофен изображается таким образом, что на сере пишется с одной стороны плюс, а с другой — минус.

Вопрос. Считаете ли вы, что поведение электронов в молекуле бензола определяется законами квантовой механики?

Г.В.Челинцев. Я не считаю вообще, что какое-нибудь природное явление определяется какими-нибудь законами, созданными абстрактной наукой.

Философ А.А.Максимов. Теория резонанса — порождение растленной идеологии англо-американской империалистической буржуазии, враждебной от начала и до конца передовой материалистической науке.

Писатель В.Е.Львов. Сплоченная группка лиц, включающая М.В.Волькенштейна, Т.И.Темникову, Б.А.Порай-Кошица, действуя в течение ряда лет в ленинградских вузах и исследовательских институтах, развращала молодые научные кадры, обрабатывая их в духе англо-американской «теории» резонанса. Серьезной политической ошибкой явилось включение



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

под одну рубрику крупнейших советских ученых и ничтожнейшей группки агрессивных и неразоружившихся идеологов резонанса... Самой важной политической задачей для советской химии сегодня является задача: изолировать количественно ничтожнейшую группу нераскаявшихся идеологов резонанса и заставить ее идейно разоружиться. Это пока еще не сделано... Я горжусь званием советского журналиста, пишущего по идеологическим вопросам естествознания, и до последнего дыхания буду вкладывать мой малый вклад в дело борьбы с врагами марксизма-ленинизма... моим общественным долгом советского журналиста было поделиться с этой трибуны известными многим советским людям фактами, касающимися идеологически вреднейшей деятельности группочки ленинградских резонанщиков.

Вопрос Т.И.Темниковой. Присутствовал ли Львов хотя бы на одном из моих выступлений?

В.Е.Львов. На этот вопрос я отвечать не буду.

Т.И.Темникова. На каком основании Львов, причислив меня к пропагандистам резонанса, отказывается ответить на вопрос?

В.Е.Львов. На основании моего нежелания заниматься этим вопросом.

Очень смелым по тем временам было зафиксированное в стенограмме «Особое мнение действ. члена АН УССР **Е.А.Шилова**». Он сказал, что считает «...ненужными нынешние схоластические споры и рассуждения на темы о том, где кончается резонанс и начинается мезомерия, чем «здоровая» мезомерия советских авторов отличается от «порочной» мезомерии Ингольда, могут ли идеальные структуры считаться вместе с тем реальными и т. п. В результате силы и время

советских органиков были бы сохранены для настоящей продуктивной работы».

В заключение процитируем химика-органика, автора нашего журнала О.Ю.Охлобыстина: «До крови дело не дошло... Почти не пострадали и те очень немногие химики, которые отказались участвовать в этом спектакле». Действительно, Я.К.Сыркин и М.Е.Дяткина были всего лишь уволены, М.В.Волькенштейн отделался отстранением от преподавательской работы.

Но и после смерти Сталина идеология еще долго давала о себе знать. В ноябре 1981 года председатель СО АН СССР академик В.А.Коптюг заявил: «Когда в прошлом с философских позиций критиковалось понятие резонанса в химии... это, с моей точки зрения, было верно». И лишь с отменой шестой статьи Конституции СССР о руководящей роли КПСС философы перестали хватать за ноги химиков. Но у них нашлись продолжатели — политики.

Вмешательство политиков в науку более опасны, чем кажется на первый взгляд. Вот что писал нобелевский лауреат Ролд Хоффман (нобелевский лауреат и наш автор): «Дискуссия о теории резонанса оттолкнула молодежь в России от теоретической химии на много лет, по крайней мере, на десять лет... В те времена молодой талантливый русский химик или физик, решая, чем заняться, выбирая между теоретической химией и чем-нибудь еще, получал предупреждение, неписаное и не высказывающееся вслух, что это опасно».

Поэтому то, что вытворяют сейчас с российской наукой, опасно для страны и губительно для науки — и гораздо более губительно, чем кажется.

И.А.Леенсон

2013 — год 100-летия процесса Габера — Боша — промышленной технологии синтеза аммиака, одного из самых важных продуктов крупнотоннажной химии

Быстрый рост населения требует резкого увеличения продовольственных ресурсов, которое невозможно без азотных удобрений. Главный процесс промышленной фиксации атмосферного азота и производства синтетических азотных удобрений — синтез аммиака.

После того, как в начале века Фриц Габер (Fritz Haber) открыл процесс синтеза аммиака из атмосферного азота, несколько лет шли интенсивные исследования и разработки применения этого процесса в промышленном масштабе.

В 1913 году Карл Бош (Carl Bosch) достиг успеха и появился первый в мире

промышленный агрегат, который производил несколько тонн синтетического аммиака в сутки, что стало буквально революцией.

Процесс Габера — Боша, изначально запатентованный компанией BASF, был удостоен Нобелевской премии по химии и всемирно признан одной из величайших инноваций XX века, позволивших накормить растущее население планеты. Он послужил также сильнейшим толчком к развитию катализа и химических технологий.

Подробнее см. «Химия и жизнь», 2009, 11, «Карл Бош, создатель азотных удобрений»



1913–2013: путь длиною в 100 лет

Еще одним важным событием 1913 года было появление на свет датского ученого и бизнесмена Хальдора Топсе (Haldor Topsøe), который впоследствии стал важной фигурой в развитии аммиачной промышленности. Основанная им в возрасте 27 лет компания «Хальдор Топсе» играла и продолжает играть ведущую роль в развитии технологий синтеза аммиака по всему миру — как поставщик и катализаторов, и технологий.

В результате интенсивных исследований в 1947 году был разработан высокоактивный катализатор синтеза аммиака. В 1966 году заработала колонна синтеза аммиака с радиальным ходом газа

на первом в мире крупнотоннажном агрегате производительностью 1000 тонн аммиака в сутки. На сегодня, в 2013 году, более половины мирового производства аммиака синтезируется на катализаторе синтеза аммиака Хальдор Топсе.

Интересно, что в конце 1930-х Хальдор Топсе подружился в лаборатории Нильса Бора в Копенгагене с Петром Капицей и на протяжении всей жизни поддерживал теплые отношения с российскими учеными.

Подробнее о технологии синтеза аммиака и о Хальдоре Топсе на www.topsøe.ru



2013 — год 100-летия датского ученого и бизнесмена Хальдора Топсе, среди достижений которого — огромный вклад в развитие технологии синтеза аммиака

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >