



11

ноябрь
2011

АНЗИЖ И ЯИМИХ







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

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

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

Технические рисунки
Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 3.11.2011

Адрес редакции
105005 Москва, Лефортовский пер. 8
Телефон для справок:
8 (499) 267-54-18
e-mail: redaktor@hij.ru
<http://www.hij.ru>

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Майка Бертино. Природа
не говорит на нашем языке, но она
раскрывает свои тайны иными
способами. Читайте об этом в статье
С.М.Комарова «Тьма, движущая мир».
А также в других статьях номера.

*Когда есть работа — для нее
сразу находятся и люди,
на этом стоит мир.*

Лоис Макмастер Буджолд

Содержание

Нобелевская премия НОВЫЕ ТАЙНЫ ДРЕВНЕГО ИММУНИТЕТА. Е.Клещенко	2
Проблемы и методы науки ИММУНОЛОГИЯ В ОЖИДАНИИ ПРОРЫВА. Н.Л.Резник	6
Из писем в редакцию НЕВИДИМЫЙ ИСТОЧНИК ВИДИМОГО СВЕТА. В.Г.Федотов.....	13
Репортаж ЖЕЛТЫЕ, ЗЕЛЕНЫЕ, КРАСНЫЕ. Л.Стрельникова	14
Проблемы и методы науки СНОВА О ДИОКСИНАХ. Андрей Вакулка	22
Интервью ДИОКСИНЫ В РОССИИ. Ю.А.Трегеп	25
Тематический поиск ЛУННЫЕ НОВОСТИ. Е.Сутоцкая.....	28
Нобелевская премия ТЬМА, ДВИЖУЩАЯ МИР. С.М.Комаров.....	30
Нанотехнологии КИРХГОФ, ФЕРМЕНТЫ И ХИМИЯ БУДУЩЕГО. Генрих Эрлих.....	36
Нанофантастика ИГРА СЛОВ. Алексей Карташов	42
История современности БАЙКИ СТАРОГО ПРЕПОДА. В.Н.Давыдов	44
Проблемы и методы науки НАУКА В ЗООПАРКЕ. Д.Б. Васильев.....	48
Радости жизни КРАСОТА ГЕНЕТИКИ. И.А.Захаров-Гезехус	52
Что мы едим ВИНОГРАД. Н.Ручкина.....	54
Фантастика ПОКИДАЯ КОЛЫБЕЛЬ. Сергей Звонарев.....	56
Материалы нашего мира ОПЕРАЦИЯ «КЕВЛАР». М.Демина	64

ИНФОРМАЦИЯ	11, 12, 47	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	20	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	60	ПЕРЕПИСКА	64
ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ	61		

Новые тайны древнего иммунитета



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

Е. Клещенко

Нобелевскую премию по медицине 2011 года разделили на две половины. Одну получили Брюс Бютлер, профессор генетики и иммунологии Исследовательского института Скриппса (Ла-Хойя, США), и Жюль Хоффман, бывший руководитель лаборатории в Страсбургском университете, директор Института молекулярной биологии клетки, президент Французской академии наук в 2007–2008 годах (ныне в отставке), — за исследование механизмов активации врожденного иммунитета. Вторую половину присудили Ральфу Стайнману, выходцу из Канады, занимавшему пост профессора иммунологии в Рокфеллеровском университете (Нью-Йорк), — за открытие роли дендритных клеток в адаптивном иммунитете.

Сразу вслед за именами лауреатов 3 октября 2011 года в новостных лентах появились сообщения о смерти Ральфа Стайнмана. Он скончался 30 сентября, а Нобелевский комитет не получил этой информации вовремя. Согласно уставу, самая престижная научная премия не может быть присуждена человеку, которого нет в живых, однако Нобелевский комитет объявил, что Стайнман остается лауреатом: на момент принятия решения не было известно о его кончине, таким образом, сделанный выбор соответствует духу премии, если не букве. И в конце концов, альтернативное решение общественность едва ли приняла бы с симпатией.

Наши внутренние войска

Нас ежеминутно атакуют орды захватчиков. Вирусы, бактерии, паразиты, клетки микроскопических грибов и патогенных простейших — мы для них, как выражался Клоп-Говорун в «Сказке о Тройке», «бурдюки с питательной смесью». И как в подобных условиях многоклеточные организмы сумели чего-то достичь на Земле?

Благодарить за это нужно иммунную систему. Эволюция на всякое действие находит противодействие, и мы не беззащитны перед врагами. Плотные кожные покровы сами по себе дают неплохую механическую защиту: если руки не поранены, мы можем безнаказанно копаться в грязи, а царапинка сразу воспалится. В слюне и слезах содержится лизоцим — фермент, разрушающий стенки бактерий. Как ни щиплет в глазу, когда в него попадает грязь или мошка, можно утешиться мыслью, что нахальным вторженцам еще хуже.

Небольшая воспаленная царапина, скорее всего, поболит и пройдет без всякого йода (не будем рассматривать страшные случаи вроде столбняка или вируса гепатита В). Амбициозные планы микробов по захвату огромного запаса влаги, белков, жиров и углеводов окончатся крахом, потому что воспаление — это тоже защитная реакция, один из механизмов врожденного, или неспецифического, иммунитета, который в той или иной форме имеется у всех многоклеточных организмов. Болезненность, покраснение, жар и отек — все это признаки военных действий. Высокая температура, как правило, для

захватчиков некомфортна, а кроме того, отек и расширение сосудов предоставляют клеткам-фагоцитам, поедающим чужеродные вещества, более свободный доступ к «добыче». К механизмам неспецифического иммунитета относится и цитотоксическое действие системы комплемента — биохимическое приспособление для пробивания мембран вражеских клеток.

Более совершенное оборонительное оружие — специфический, или адаптивный, иммунитет — имеется только у высших организмов, начиная с челюстноротых рыб. Именно тут в игру вступают антитела, или иммуноглобулины, — похожие на букву Y белковые молекулы, вырабатываемые лимфоцитами. Верхние «палочки» Y взаимодействуют с чужеродным веществом (антигеном), связывая его или помечая для уничтожения. Молекулы антител находятся и в мембране лимфоцитов, где они играют роль рецепторов, распознающих антигены.

Здесь перед учеными встала биоинформатическая проблема. Антитело состоит из четырех белковых цепей, которые, согласно Центральной Догме (ДНК-РНК-белок), должны кодироваться некими генами. Но чужеродных веществ, проникающих в организм, может быть бесконечно много — такое количество генов иммуноглобулиновых цепей не уместится ни в одном геноме!

Противоречие разрешила клонально-селекционная теория (ее предложил австралиец Макфарлейн Бернет, получивший совместно с Питером Медаваром Нобелевскую премию 1960 года за открытие искусственной иммунной толерантности). Гены иммуноглобулинов в геномах неспециализированных клеток содержатся в виде «заготовок». При созревании В-лимфоцитов эти гены претерпевают перестройки — в строго определенных участках, но с элементом случайности, так что каждая В-клетка в итоге синтезирует свое неповторимое антитело, чьи варибельные участки идеально подходят к еще неведомому антигену. Встреча с этим антигеном (его узнают рецепторы В-лимфоцита, аналогичные его антителам), а также сигналы от других клеток иммунной системы побуждают В-лимфоцит к бурному размножению и синтезу антител. В процессе созревания В-лимфоциты проходят строгий отбор — те, которые случайно «нацелились» на собственные молекулы организма, должны быть уничтожены.

Т-лимфоциты называются так потому, что проходят последние этапы развития в тимусе (а В-лимфоциты — потому, что были впервые обнаружены у птицы в так называемой фабрициевой сумке — bursa fabricii). В их мембране тоже есть рецепторы для антигенов, не совсем такие, как антитела, но также принадлежащие к семейству иммуноглобулинов. Т-хелперы («помощники») активируют В-лимфоциты, Т-киллеры убивают собственные клетки организма, зараженные или измененные. То же делают и лимфоциты другой группы, «естественные киллеры» (NK-клетки, от natural killer), но их действие менее специфично.

Адаптивный (приобретенный) этот иммунитет называется потому, что иммунная система обладает памятью. В организме сохраняются клоны В- и Т-лимфоцитов, специфичных к определенному антигену, и при повторной встрече с тем же возбудителем именно они начинают стремительно раз-

множаться. Вот почему вторичный иммунный ответ развивается быстрее и большинство людей болеет краснухой или ветрянкой лишь раз в жизни: при повторной инфекции наша внутренняя армия выметает захватчика поганой метлой до проявлений болезни. Вирусы простуды или гриппа умеют уходить от удара за счет быстрой изменчивости, поэтому нельзя получить иммунитет против них раз и навсегда. Но младенцы переносят их тяжелее, чем школьники и взрослые, у которых от прошлых эпидемий сохранились лимфоциты памяти с антителами, подходящими хотя бы к некоторым участкам новых вирусных белков.

На этом свойстве иммунной системы основан принцип вакцинации. Черная оспа, полиомиелит, коклюш — инфекции, первое знакомство с которыми может обойтись слишком дорого, поэтому лучше обучить «армию» заранее, предъявив ей ослабленную культуру возбудителя или отдельные характерные для него молекулы.

Понятно, как важен для нас иммунитет и как опасно его ослабление с возрастом или при заболевании. С другой стороны, армия, даже расквартированная на собственной территории, — небольшая радость для мирных жителей, если воины забудут о дисциплине. Когда иммунная система начинает реагировать на «свои» молекулы и клетки, возникают аутоиммунные болезни. С некорректным срабатыванием защиты связаны и аллергические заболевания.

Иммунологические открытия не раз награждались Нобелевскими премиями: их получили И.И. Мечников и Пауль Эр-

лих, создатели клеточной и гуморальной теорий иммунитета (1908), Родни Портер с Джеральдом Эдельманом, установившие структуру антител (1972). Польза этих исследований для человечества бесспорна, и, кроме того, это действительно высокая наука. За «покраснением и жжением» стоит столько разнообразных событий на клеточном и молекулярном уровне, что реконструкция Бородинской битвы кажется детской игрой.

Экспресс-анализ на бактерию

Врожденный иммунитет, эволюционно более древний, в чем-то и более загадочен. Например, почему воспалительная реакция запускается так стремительно? Быстрота как будто бы говорит о ее неспецифичности: на сложные процессы вроде выработки антител не хватило бы времени. Но как тогда организм узнает, что враг на пороге, и как понимает, что это именно враг, а не безвредная микрочастица?

Начнем с самого начала: с эмбрионального развития дрозофилы. Кристиана Нюсслийн-Фольхард (Нобелевская премия 1995 года), увидев необыкновенно уродливых личинок плодовой мушки, воскликнула: «Das war ja toll!» (по-немецки toll — поразительно, безумно). Так и назвали мутантный ген. А потом один из лауреатов этого года, Жюль Хоффман с коллегами, выяснил, что *Toll* отвечает не только за эмбриональное развитие мушки, но и за иммунитет у взрослых дрозофил к грибковым инфекциям. (Здесь и далее ссылки на научные

Клетки иммунной системы

Лейкоциты (белые кровяные клетки), к которым относятся клетки иммунной системы, традиционно классифицируют по визуальным признакам. Препарат крови окрашивают «по Романовскому — Гимзе» красителем, содержащим синий азури, красный эозин и метиленовую синь. По-

сле этого в цитоплазме некоторых клеток проявляются многочисленные яркие гранулы — их назвали гранулоцитами, а остальные клетки соответственно агранулоцитами. Клетки, гранулы которых окрасились кислым красителем эозином, называются эозинофилами, клетки с фиолетовыми гранулами, окрашенными основным азурием, — базофилами, промежуточный вариант — нейтрофилами.

Более современный способ классификации клеток — по рецепторам в их мембране (иммунофенотипирование). Лимфоциты не слишком различаются

«на глаз», но для каждой их группы характерен особый набор рецепторов. Интересно, что иммунофенотипирование выполняют с помощью искусственно полученных флуоресцентных антител к этим рецепторам. Антитела — не только мощное орудие защиты от болезней, но и великолепный лабораторный инструмент.

Данная таблица не может служить руководством для самостоятельной интерпретации результатов анализа. Например, содержание эозинофилов повышается и при аллергии на пыльцу, и при паразитарном заболевании, и при артритах.

Клетки иммунной системы			Их некоторые особенности и функции	
Гранулоциты	Базофилы		Отвечают за аллергические реакции немедленного типа. В тканях превращаются в тучные клетки (лаброциты), содержащие гистамин	
	Нейтрофилы		Фагоциты (микрофаги), противостоят в основном бактериальным и грибковым инфекциям	
	Эозинофилы		Фагоциты (микрофаги), противостоят паразитарным инвазиям. Связывают и высвобождают гистамин и другие медиаторы воспаления, таким образом регулируют аллергические процессы	
Агранулоциты	Моноциты		Фагоциты (макрофаги), синтезируют биологически активные факторы, обеспечивают иммунитет против вирусов, микробов, паразитов, противостоят развитию опухолей.	
	Лимфоциты	В-лимфоциты	Плазматические клетки	После контакта с антигеном активно вырабатывают антитела к нему
			В-клетки памяти	Сохраняют память о контактах с антигенами, активируются при повторном контакте
		Т-лимфоциты	Т-хелперы	Предъявляют антигены макрофагам и другим клеткам, выделяют цитокины
			Т-супрессоры (Т-регуляторы)	Регулируют силу иммунного ответа, контролируя Т-хелперы и Т-киллеры
			Т-киллеры (цитотоксические Т-лимфоциты)	Убивают собственные клетки организма, пораженные бактериями или вирусами, а также опухолевые клетки (в отличие от НК-клеток, специфически распознают определенные антигены). Играют важную роль в антивирусном иммунитете
Т-клетки памяти	Сохраняют память о контактах с антигенами, формируют вторичный иммунный ответ			
НК-лимфоциты		Разрушают собственные клетки организма, отличные от нормы, например раковые или зараженные вирусами		
Дендритные клетки (дендроциты)			Предъявляют антигены Т- и В-лимфоцитам. Выделяют цитокины.	

работы см. в конце статьи.) Мутантные дрозофилы умирали от грибковой инфекции, не слишком опасной для нормальных особей. При этом бактериальным инфекциям они противостояли успешно.

А потом оказалось, что подобные гены есть не только у дрозофилы. Группа ученых под руководством Брюса Бютлера обнаружила такой ген у мыши. Они же показали, что продукт мышинового *Toll*-подобного гена — рецептор липополисахарида, вещества из клеточной стенки грамотрицательных бактерий. (Грамотрицательными называются бактерии, чьи клетки остаются бесцветными при окраске по Граму — анилиновыми красителями с фиксацией йодом и промыванием спиртом — из-за особого строения клеточной стенки. К ним относятся, например, кишечная палочка, сальмонелла, легионелла, хеликобактер.) Кроме того, исследователи продемонстрировали прямую связь между этим геном и иммунитетом мыши.

Итак, еще один рецептор в мембране клеток иммунной системы — их там столько, что устанешь запоминать, и каждый для чего-то нужен. В чем важность именно этого открытия? Во-первых, подтвердилась эволюционная древность врожденного иммунитета — о ней говорит общность молекулярных механизмов у насекомых и млекопитающих. Во-вторых, найдена «кнопка включения» врожденного иммунитета. Теперь мы знаем, что на этом этапе распознается не уникальный участок антигена, а вещество, типичное для обширной группы болезнетворных бактерий. Отсюда быстрота и неспецифичность, скажем, воспалительной реакции. Если использовать наши человеческие понятия — иммунная система проводит экспресс-анализ на присутствие маркера, общего для многих опасных бактерий. Сигнал от бактериального липополисахарида, принятый TLR, запускает каскад биохимических событий, который и приводит к реакции воспаления (а при опасном избытке липополисахарида — к септическому шоку).

Открытие вызвало большой интерес у иммунологов, и вскоре у человека и мыши были найдены десятки TLR — Toll-like receptors. Эти рецепторы опознают структурные компоненты бактерий, вирусов и грибов, как вне клеток, так и в «проглоченном» виде, в эндосомах. (Каждый тип рецепторов узнает определенное вещество и тем самым — определенную группу патогенов. Вот почему мутантные дрозофилы Хоффмана были беззащитны перед грибами, но не перед бактериями.) Они принадлежат к более обширной группе рецепторов распознавания паттерна, или образ-распознающих рецепторов, задача которых — реагировать на вещества, типичные для патогенов (см. статью Н.Л.Резник в этом же номере).

Для российских читателей тут есть еще один интересный момент. Бютлер, руководитель группы, как полагается, указан последним в списке авторов, а на первом месте (Poltorak A.) — Александр Николаевич Полторак, выпускник СПбГУ, ныне работающий в Университете Тафтса (Бостон). Совсем недавно, в сентябре, Александр Полторак получил один из сорока «мегагрантов» Минобрнауки на создание лаборатории врожденного иммунитета в Петрозаводском государственном университете. (О «мегагрантах», цель которых — привлечь в российские вузы ведущих ученых, см. «Химию и жизнь», 2010, № 12, и <http://mon.gov.ru/pro/ved/uch/>.)

Йельский профессор и московский аспирант

Почти сразу же после того, как были объявлены имена лауреатов, научная общественность по традиции принялась обсуждать, тех ли наградили и кого забыли. И здесь нужно рассказать о человеке, которого американские коллеги называли «парнем из России», хотя родился он в Ташкенте.

Предположение о том, что врожденный иммунитет включается распознаванием веществ, типичных для обширных групп



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

инфекционных агентов, и что именно клетки врожденного иммунитета побуждают к активности Т- и В-лимфоциты, еще в конце 80-х высказал известный иммунолог Чарльз Джейнуэй из Йельского университета. (Его фамилия в англоязычных источниках часто пишется с добавлением Jr. — «младший», поскольку он принадлежал к знаменитой династии врачей.) Сейчас это называют «блестящим озарением», но публикация Джейнуэя 1989 года о «гипотезе распознавания паттернов» была встречена прохладно: четкое красивое взаимодействие «антиген-антитело» привлекало куда больше, чем темные тайны врожденного иммунитета.

В 1992 году статья Джейнуэя попала в руки Руслану Меджитову — выпускнику Ташкентского государственного университета и аспиранту МГУ. Как рассказывал позднее сам Меджитов, эта статья указала ему направление: он понял, что нужно найти рецепторы, существование которых постулировал Джейнуэй. Кто помнит российскую науку в 90-е годы, тот знает, что даже раздобыть и ксерокопировать иностранную публикацию было непросто, а уж съездить в Йельский университет... Однако Меджитов смог это сделать: после многих приключений он в 1994 году становится постдоком у Джейнуэя. В поисках рецептора, распознающего паттерны, он использовал методы биоинформатики и обнаружил в геноме человека ген, похожий на *Toll* дрозофилы и в то же время на рецептор интерлейкина (сигнального вещества из группы цитокинов, широко используемого клетками иммунной системы). В 1996 году они с Джейнуэем узнали от Хоффмана о гиперчувствительности мутантных по *Toll* дрозофил к грибкам, и это определило дальнейшее развитие событий. В 1997 году Меджитов, Престон-Халберт и Джейнуэй опубликовали статью о клонировании и свойствах *Toll*-подобного человеческого рецептора. И он действительно активировал адаптивный иммунитет — идеи Джейнуэя полностью подтвердились.

Заслуги йельских ученых и группы Бютлера вполне сопоставимы: первые работали с белком человека, а не мыши, да и опубликовались на год раньше, зато вторые яснее показали его роль в развитии заболевания. Чарльз Джейнуэй умер в 2003 году, но Меджитов, ныне профессор Йельского университета и член Национальной академии наук США, — чем не лауреат? Правда, по меркам Нобелевской премии он вызывающе молод (родился в 1966 году), но ведь и лауреаты по физике прошлого года не очень стары. И всего полгода назад, в июне, авторитетная премия Шоу, так называемая азиатская Нобелевка, была присуждена Хоффману, Бютлеру и Меджитову... С другой стороны, заслуги Стайнмана не менее значимы.

Дендроциты, ловцы антигенов

Ральф Стайнман в 1973 году открыл новый тип клеток иммунной системы, которые он назвал дендритными, или дендроцитами. Это довольно крупные клетки с длинными разветвленными отростками (отсюда название). Предположение Стайнмана, что они могут играть особую роль в формировании иммунного ответа, как и гипотеза Джейнуэя,

сначала не вызвало особого интереса, но оказалось верным.

Дендроциты встречаются в различных органах и тканях, но особенно много их в коже и слизистых оболочках — на границе с внешней средой. Дендроциты кожи давно были известны цитологам под названием «клетки Лангерганса» (не путать с островками Лангерганса в поджелудочной железе; их, как и островки, описал немецкий гистолог Пауль Лангерганс еще в XIX веке, но из-за формы он считал их разновидностью нервных клеток). Также они находятся в лимфоузлах и крови.

Главная задача дендроцитов состоит в том, чтобы захватывать антигены и преподносить их Т- и В-лимфоцитам. Они могут даже высовывать «щупальца» сквозь поверхность слизистой оболочки, чтобы собирать антигены снаружи. Переварив чужеродные вещества, они выставляют их фрагменты на своей поверхности и перемещаются в лимфоузлы, где и происходит их встреча с лимфоцитами. Те инспектируют предьявленные фрагменты, опознают «образ врага», и развивается мощный иммунный ответ.

Дендритные клетки (или их клетки-предшественники) можно получать из крови, а это путь к практическому применению в медицине. Дальнейшие исследования Стайнмана и других ученых показали, что дендроциты регулируют активность иммунной системы, препятствуя атакам на собственные молекулы организма и развитию аутоиммунных болезней. (Кстати, среди рецепторов, обнаруженных на поверхности дендритных клеток, есть и TLR.)

Клетки Лангерганса могут быть мишенью вируса СПИДа при заражении половым путем. Есть данные, что ВИЧ коварно «едет» внутри дендроцита в лимфоузел, каким-то образом избегая переваривания, чтобы там поразить активированный лимфоцит — как если бы захваченный шпион, доставленный в штаб, сумел освободиться и устроил диверсию. А где уяз-

вимое место, там и возможное лекарство. В лаборатории Стайнмана сейчас работают над вакциной против ВИЧ, использующей свойства дендритных клеток. На них возлагают надежды и онкологи. У самого Ральфа Стайнмана была агрессивная форма рака поджелудочной железы, с которой 80% пациентов умирают в течение года. Стайнман разработал для себя экспериментальную терапию с использованием дендритных клеток (их культивируют, «нагружая» опухолевыми антигенами, и потом снова вводят пациенту, чтобы они настроили иммунную систему на уничтожение рака). Он прожил больше четырех лет — но так и не узнал, что стал нобелевским лауреатом...

Не исключено, что медицинский потенциал дендроцитов повлиял на решение Нобелевского комитета: фраза в завещании Альфреда Нобеля о «наибольшей пользе человечеству» по-прежнему в силе. А у Руслана Меджитова наверняка еще все впереди.

Литература

Lemaitre B., Nicolas E., Michaut L., Reichhart J.M., Hoffmann J.A. The dorsoventral regulatory gene cassette *spätzle/Toll/cactus* controls the potent antifungal response in drosophila adults. «Cell», 1996, т. 86, с. 973—983.

Poltorak A., He X., Smirnova I., Liu M.Y., Van Huffel C., Du X., Birdwell D., Alejos E., Silva M., Galanos C., Freudenberg M., Ricciardi-Castagnoli P., Layton B., Beutler B. Defective LPS signaling in C3H/HeJ and C57BL/10ScCr mice: Mutations in *Tlr4* gene. «Science», 1998, т. 282, с. 2085—2088.

Medzhitov R., Preston-Hurlburt P., Janeway C.A. Jr. A human homologue of the *Drosophila* Toll protein signals activation of adaptive immunity. «Nature», 1997, т. 388, № 6640, с. 394—397.

Иммунология в ожидании прорыва

Кандидат
биологических наук

Н.Л.Резник

Нобелевская премия по физиологии и медицине 2011 года досталась иммунологам (см. предыдущую статью). Комментируя свое решение, члены Нобелевского комитета отметили, что исследования лауреатов открыли новые возможности для профилактики и терапии рака, инфекционных и воспалительных заболеваний. Но к моменту присуждения премий медицина могла использовать эти возможности более десяти лет — самая свежая из отмеченных работ опубликована в 1998 году. О том, чем занимались иммунологи все это время, можно судить по специальному выпуску журнала «Philosophical Transactions of the Royal Society B» (2011, т. 366), посвященному проблемам вакцинации. Выпуск подготовили до того, как стали известны имена нобелевских лауреатов.

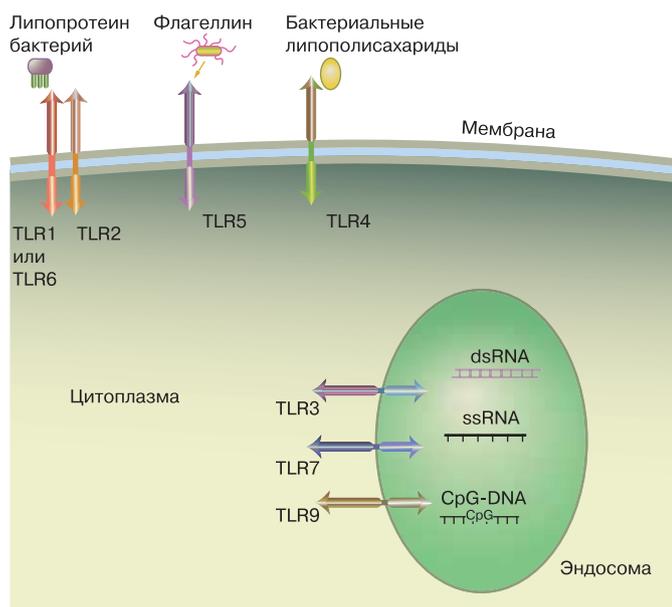
Иммунология по Конан Дойлу

Согласно каноническим представлениям, иммунитет млекопитающих делится на врожденный и приобретенный (адаптивный), а он, в свою очередь, бывает гуморальным и клеточным. Гуморальный иммунитет обеспечивают В-лимфоциты (В-клетки),



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

которые синтезируют антитела, специфичные к определенному патогену — бактерии или вирусу. За клеточный иммунитет ответственны разные группы Т-лимфоцитов. Они участвуют в регуляции дифференцировки В-лимфоцитов, уничтожают раковые клетки и клетки, зараженные вирусами и микробами. Адаптивная система специфична, она реагирует на определенные патогены и запоминает их, благодаря чему люди приобретают ко многим перенесенным инфекциям длительный или пожизненный иммунитет. Однако из-за специфичности системе адаптивного иммунитета требуется несколько дней, чтобы наработать достаточное количество клеток, синтезирующих нужные антитела и поедающих носителей определенного антигена. Пока она раскошегаривается, оборону держит система врожденного иммунитета. Это силы немедленного реагирования. Неспецифический иммунитет очень древний, в том или ином виде он присущ всем классам животных. Его агенты у млекопитающих — лейкоциты, макрофаги и дендритные клетки (ДК) — поедатели патогенов, которых они быстро распознают по принципу «свой — чужой». Но действует неспецифическая защита недолго, и у нее нет иммунологической памяти. Так что врожденному иммунитету до недавнего времени отводили роль цепного пса, который с остервенением облаивает из-за забора любого чужака, а нарушителя границы хозяйских владений ответственно кусает. Клетки адаптивного иммунитета более разборчивы; они не кидаются на все, что движется, а сосредоточенно преследуют намеченную жертву, как фамильная собака — мужчин рода Баскервильей.



1
Толл-подобные рецепторы (TLR) активируют дендритные клетки, специфически взаимодействуя с разными типами антигенов. Схема самая приближенная

Но как животному узнать, кто Баскервиль, а кто нет? В повести Артура Конан Дойла собаку науськивал злодей Стэплтон. Открытия, сделанные иммунологами в конце XX века и удостоенные Нобелевской премии, показали, что в организме эту функцию выполняют дендритные клетки и врожденному иммунитету более подходит роль Стэплтона, нежели цепной собаки. Именно ДК подают Т- и В-лимфоцитам сигнал действовать и предъявляют нужный антиген, подобно тому как Стэплтон давал собаке нюхать ботинок сэра Генри. Но если так, то и врожденному иммунитету присуща специфичность. Ведь коварный натуралист показывал псу обувь определенного человека, причем ношеную. Эту специфичность определяет система образ-распознающих рецепторов (pattern-recognition receptors — PRR), которые реагируют с молекулами, присущими только патогенам, но не хозяину. Самый известный образ патогена — липополисахарид бактериальной стенки. Взаимодействие PRR с образом запускает каскад биохимических реакций, активирующий дендритную клетку: она выдвигает на поверхность бактериальный антиген, который должна показать лимфоцитам, и при этом синтезирует сигнальную молекулу для взаимодействия с Т-клетками. Только прочитав оба сигнала с помощью своих рецепторов, Т-клетки активируются и «берут след». Разумеется, эта система устроена гораздо сложнее, чем здесь написано, в ней задействовано много генов и белков. Неудивительно, что порой она дает сбой. Тогда страдает невинная клетка, ошибочно принятая за патоген, — вспомните, как обозналась собака, приняв за Баскервиля каторжника Селдена в шубе сэра Генри.

Все ищут рецепторы

Открытие образ-распознающих рецепторов, которые служат связующим звеном между врожденным и приобретенным иммунитетом и запускают адаптивный иммунный ответ, изменило представление ученых о патогенезе и лечении инфекционных, иммунных и аллергических заболеваний, а также рака. Например, стало понятно, почему здоровая иммунная система не вырабатывает антител против собственных тканей. Клетки в организме постоянно погибают, и ДК, будучи фагоцитами, их подьедают. Но поскольку с молекулами патогенов они при этом не взаимодействуют, то сами не активируются и не активируют Т-лимфоциты. По этой же причине иммунная



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

система неэффективно уничтожает клетки злокачественной опухоли — они не активируют ДК. Когда специалисты это поняли, то занялись разработкой различных бактериальных экстрактов и синтетических соединений, которые могли бы активировать дендритные клетки. Сейчас некоторые из этих соединений проходят клинические испытания.

Новое — хорошо забытое старое. Такой метод иммунной терапии раковых клеток предложил еще в начале 1880-х годов американский хирург Уильям Коли. Ничего не зная о дендритных клетках и их рецепторах, он стал вводить неоперабельным больным в область опухоли сначала живые бактерии *Streptococcus pyogenes* (возбудитель скарлатины, рожистого воспаления и некоторых других, столь же тяжелых заболеваний), а затем смесь мертвых *S. pyogenes* и *Serratia marcescens* (вызывает гнойные инфекции). Антигены бактерий взаимодействовали с PRR дендритных клеток, и, когда активированные ДК поехали раковые клетки и предъявляли их антигены Т-лимфоцитам, вся иммунная система поднималась на борьбу с опухолью. Больным становилось много легче, но странный по тем временам метод не нашел широкого применения и был впоследствии заменен лучевой терапией.

Узнав о роли PRR, все устремились эти рецепторы искать и исследовать. На сегодняшний момент наиболее известны и изучены толл-подобные рецепторы (TLRs). Первый из них, ныне известный как TLR4, описал в 1998 году Брюс Бютлер. За прошедшие годы иммунологи обнаружили несколько видов TLR, каждый из которых связывает определенные типы молекул патогена: липополисахариды клеточной стенки бактерий, липополипротеины их мембран, флагеллин — специфический консервативный белок бактериальных жгутиков, ДНК бактерий, двуспиральные или односторонние РНК вирусного генома, глюканы. Бактериальную ДНК рецепторы отличают по метилированной последовательности гуанина и цитозина (GpC), которая у млекопитающих обычно метилирована.

Оказалось, что TLR делятся на две группы. Рецепторы TLR3, TLR7, TLR8 и TLR9, взаимодействующие с нуклеиновыми кислотами, расположены на эндосомах — внутриклеточных мембранных пузырьках, которые содержат фрагменты проглоченных клеток. Именно там высвобождаются ДНК и РНК поглощенного патогена или зараженной вирусом клетки. TLR, взаимодействующие с другими микробными продуктами, находятся на внешней мембране ДК.

На рис. 1 показано примерное расположение разных TLR в клетке, однако не думайте по этой картинке готовиться к зачету — она нарочито упрощенная. На самом деле рецепторы в одиночку с антигенами не связываются. В процессе участвуют и другие белки, одни из которых образуют комплекс с рецепторами, другие — с антигеном, облегчая узнавание. Или же рецепторы объединяются друг с другом. Например, чтобы заякорить один из белков микоплазмы, MALP-2, рецептор TLR2 должен соединиться с TLR6, а в комплексе с TLR1 он узнает бактериальный липопептид.

Таким образом, толл-подобные рецепторы улавливают все основные антигены микроорганизмов и вирусов, но, как бы они ни были важны, свет на них клином не сошелся.

Оказалось, что и ДК, и другие клетки системы врожденного иммунитета располагают целой системой цитоплазматических рецепторов.

Специалисты Иммунологического исследовательского центра университета Осаки под руководством директора Сидзу Акира исследовали внутриклеточные РНК-геликазы, которые могут служить датчиком вирусного вторжения. Эти ферменты раскручивают двухцепочечную молекулу РНК. (У некоторых вирусов РНКовый геном.) Их два: RIG-1/Ddx58 и MDA5. Несмотря на структурное сходство, эти рецепторы, называемые RLR (RIG-I-like receptors), реагируют на разные группы вирусов. RIG-I взаимодействует с вирусом Сендай, возбудителями болезни Ньюкасла, везикулярного стоматита, гепатита С и гриппа, в то время как MDA5 распознает вирус энцефаломиокардита и полиинозитол — синтетический аналог вирусной двунитовой РНК. Взаимодействие RLR с вирусной РНК вызывает каскад реакций, приводящих к активации В-клеток и синтезу интерферона. Для реакции с вирусной ДНК в цитоплазме тоже есть специальный белок, но пока не вполне ясно, какой именно.

В цитоплазме имеются и рецепторы для распознавания фрагментов бактерий — NLR (от NOD-like receptor). Разные типы NLR выполняют различные защитные функции. Наиболее распространенный компонент клеточной стенки грибов и дрожжей, β -глюкан, распознают лектиновые рецепторы С-типа (CLR). Они помогают иммунной системе отреагировать на условно-патогенные дрожжи кандиды, аспергилл и некоторые другие одноклеточные патогены.

Скорее всего, рецепторов, вовлеченных во врожденное иммунное распознавание, значительно больше — по прикидкам иммунологов, в их образовании участвуют несколько сотен генов. Следовательно, все гены и рецепторы нужно найти, установить их роли, определить, к каким последствиям какие мутации приводят. Эту задачу биологи, безусловно, будут решать в ближайшие годы. Кроме того, они уточняют пути иммунного ответа от активации рецепторов врожденного иммунитета до развития защитных иммунных реакций против отдельных патогенов. Иммунологи уверены, что эти исследования позволят им конструировать более эффективные, рационально устроенные вакцины.

Они уже достаточно преуспели: на подробных схемах взаимодействия рецепторов и антигенов от стрелок и белков рябит в глазах. Возможно, такое количество деталей действительно поможет переместить иммунотерапию и иммунопрофилактику на качественно иной уровень, но не исключено, что лишь запутает исследователей, потому что они изучают иммунитет на молекулярном уровне, а иммунный ответ происходит все-таки на организменном. Пожелаем иммунологам не утонуть в деталях и не потерять за деревьями лес.

Давайте сделаем вакцину

Изобретатель первой вакцины Эдвард Дженнер ничего не знал об иммунной системе. Он просто заметил, что люди, переболевшие не опасной для них коровой оспой, не заражаются оспой черной, и последовал природе. Шли годы, теоретический запас иммунологии становился все обширнее, а практические достижения все осязаемее.

В XX веке иммунизация наряду с гигиеной и антибиотиками произвела революцию в здравоохранении, уничтожив многие детские инфекционные заболевания и увеличив продолжительность активной жизни с 50 до 78—85 лет (особенно в западных странах). Специалисты ожидают, что в XXI веке вакцинация позволит справиться с оставшимися детскими инфекциями: менингококком, респираторно-синцитиальным вирусом, стрептококками группы А, а также с недугами, вызванными возрастом и устойчивостью к антибиотикам. Они

даже спорят с природой, пытаясь получить вакцины против тех болезней, которые не оставляют стойкого иммунитета или вообще неинфекционны.

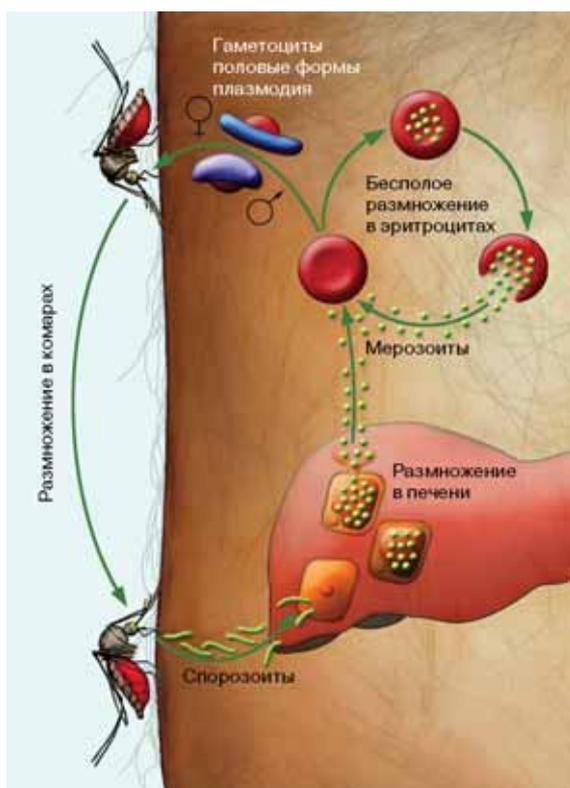
В западных странах вакцинация будет сопровождать людей всю жизнь. Матерям в последнем триместре беременности планируют делать прививку, способствующую выработке антител против стрептококка группы С, столбняка, гепатита В, менингококка, пневмококка, респираторно-синцитиального вируса (СГБ), гриппа. В результате новорожденные в первые месяцы жизни будут обладать пассивным иммунитетом против этих инфекций, поскольку получают антитела от матери, а прививать их будут не в первые дни жизни, а в возрасте четырех-пяти месяцев.

Следующая порция вакцин полагается подросткам и должна защитить их от возбудителей хронических заболеваний, инфекций, особо опасных в период беременности, и рака инфекционного происхождения. (Некоторые подтипы вируса папилломы вызывают рак шейки матки, гепатиты В и С приводят к раку печени.) Прививки против цитомегаловируса и вируса Эпштейна — Барр замедляют старение иммунной системы — одну из главных проблем тех, кому за 50. Когда иммунная система начнет угасать, вакцинация поможет ей бороться с возрастными заболеваниями. Это опять же рак, инфекционные болезни, иммунитет к которым с возрастом снижается, инфекции, которыми можно заразиться в больницах. Пожилые люди болеют ими чаще, потому что чаще оказываются в клиниках.

Медики рассчитывают, что современная иммунология позволит наконец справиться с патогенами, которых не берут антибиотики. Это возбудитель многих тяжелых инфекций, в том числе больничной, золотистый стафилококк *Staphylococcus aureus*, синегнойная палочка *Pseudomonas aeruginosa* и *Clostridium difficile* — возбудитель диареи и энтероколита. Специалисты не теряют надежды на то, что своевременная вакцинация предотвратит пандемию гриппа. Актуальны и вакцины для путешественников. Современный человек мобилен: раз — и он уже в какой-то далекой стране, два — заболел. Но даже если его болезнь хорошо изучена, не факт, что от нее можно защититься с помощью вакцинации.

Ярчайший пример такого недуга — малярия. О ее возбудителях известно все, однако иммунологи пока пасуют перед малярийным плазмодием. Подавляющее большинство эффективных вакцин представляют собой целые ослабленные или убитые микробы (вирусы) или их белки. Чтобы приготовить аналогичную антипаразитарную вакцину, нужно выращивать плазмодий целиком, а это пока ни у кого не получилось. Стало быть, надо использовать антигены. Но возбудитель болезни *Plasmodium falciparum* проходит в человеческом организме сложный цикл (рис. 2). Сначала переносчики малярии, комары рода *Anopheles*, впрыскивают человеку в кровь спорозоиты плазмодия, они проникают в клетки печени, размножаются там, выходят из гепатоцитов, заражают эритроциты, размножаются в них и каждые три-четыре дня выходят в кровь и вновь атакуют красные клетки. В эритроцитах плазмодий образует половую форму, гаметоциты, которую всасывает комар. И на каждой стадии цикла у *P. falciparum* разные поверхностные антигены, а в клетках он вообще практически недоступен. Кроме того, возбудители малярии, опасные для человека, не поражают грызунов и обезьян Старого Света, то есть тех животных, на которых обычно испытывают новые препараты. И что делать, спрашивается?

Иммунологи разрабатывают вакцины, направленные на все стадии развития паразита, и не оставляют идеи приготовить препарат из целого плазмодия. Например, действенной должна быть вакцина из облученных *P. falciparum*. Их извлекают из слюнных желез комаров, облучают и хранят в жидком азоте, при этом плазмодии сохраняют жизнеспособность. Введенные человеку, они вызовут иммунный ответ, однако не смогут заразить



2
Жизненный цикл малярийного плазмодия сложен, а сам паразит хорошо защищен от действия иммунной системы хозяина. Иммунологи стараются паразитировать на самых уязвимых внеклеточных стадиях спорозонита и гаметоцита

эритроциты. Сейчас вакцину испытывают, но пока неясно, насколько действенной она окажется и вполне ли заменит укус комара. Возможно, для эффективного иммунного ответа необходима слюна насекомого. Впрочем, метод в любом случае будет очень дорогим и, следовательно, не пригодным для развивающихся стран, где в основном и свирепствует малярия. Есть и другой вариант — крушить плазмодий на выходе. Это так называемая альтруистическая вакцина, которая не защищает человека от болезни, но предотвращает передачу возбудителя. Вакцина представляет собой антитела к поверхностным белкам гаметоцитов в сочетании с адьювантом. Из-за антител гаметоциты погибают и в комара не попадут. Увы, чтобы такая иммунизация действительно помогла, она должна быть поголовной, что сложно сделать технически.

Что делать, если не заразно?

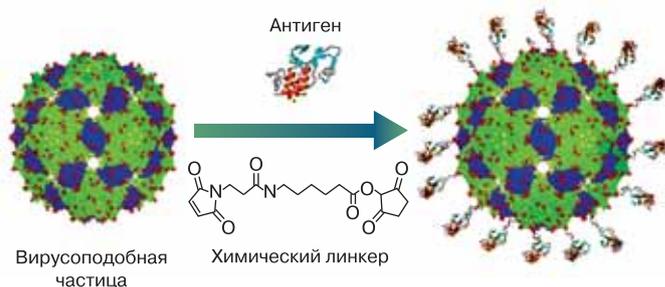
Ничуть не меньшую, а то и большую опасность, чем микробы и вирусы, представляют собой неинфекционные болезни: рак, болезнь Альцгеймера, диабет, повышенное артериальное давление. Ежегодно они уносят десятки миллионов жизней. Есть, конечно, лекарства, которые позволяют регулировать давление или уровень сахара в крови, но их надо пить регулярно, чего многие больные не делают, если чувствуют себя хорошо. Опять же нежелательные побочные эффекты бывают. Иммунологи предлагают альтернативный вариант — если болезнь вызвана какой-то ключевой вредоносной молекулой, ее можно связать антителами и вывести из обращения. Такие инъекции придется делать раз в несколько месяцев, но на это пациенты согласятся с большей охотой, чем на ежедневный прием таблеток. Главное, чтобы антитела были надлежащего качества и в достаточном количестве. Современная медицина возлагает большие надежды на иммунотерапию хронических неинфекционных болезней.

Специалисты швейцарской компании «Cytos Biotechnology AG» разрабатывают вакцины, основанные на использовании вирусоподобных частиц (ВПЧ), к которым пришивают антигены: никотин, ангиотензин II или интерлейкин-1 β (ИЛ-1 β), и таким образом планируют отучить людей от курения и защитить от гипертонии и диабета второго типа.

ВПЧ представляет собой икосаэдр диаметром от 25 до 100 нм, собранный из множества молекул белков оболочки бактериофага Q β , не опасного для человека. Внутри частицы пакует однонитевую РНК бактериофага, чтобы она реагировала с рецепторами TLR7/8 и активировала дендритные клетки. (Теперь иммунологи знают, что без этого вакцина не работает.) При этом ВПЧ не содержат генетической информации, необходимой для размножения фага в клетках. Отдельно синтезируют необходимый антиген и потом ковалентно пришивают его к частице с помощью многофункционального химического линкера, например сукцинимидил-6-[(β -малеимидопропионамидо) гексаноата]. Получается частица, сплошь усеянная антигенами (рис. 3). Введение таких частиц активирует систему врожденного иммунитета и, следовательно, В- и Т-клетки, вызывая активный синтез специфических антител.

В случае гипертонии нужно получить антитела на белок ангиотензин II, вызывающий сужение сосудов. Подавляющее большинство препаратов, назначаемых гипертоникам, направлено именно на снижение уровня ангиотензина II в крови. Белок короткий, всего из восьми аминокислот, и создатели вакцины пришили его к ВПЧ целиком. Испытания показали, что специфические антитела вырабатываются после первой же иммунизации. После трех вакцинаций дневное систолическое и диастолическое давление у испытуемых понижалось на 9 и 4 мм рт. ст. соответственно по сравнению с контрольной группой. Однако вакцину еще нужно усовершенствовать, чтобы усилить иммунный ответ. Возможно, этого удастся добиться, если тщательно продумать режим вакцинации.

Еще одна болезнь современности — сахарный диабет, причем 85—90% больных страдают диабетом второго типа. Причина его возникновения — нечувствительность тканей к инсулину. Сначала организм пытается преодолеть сопротивление



3
Вакцины на основе вирусоподобных частиц позволяют лечить хронические неинфекционные заболевания. Антигены, пришитые к частице, стимулируют выработку антител, связывающих «главную вредоносную молекулу», которая вызывает заболевание

тканей и производит избыточное количество инсулина, но со временем эта деятельность истощает β -клетки поджелудочной железы, и больному приходится назначать инсулиновые инъекции. Апоптоз β -клеток поджелудочной железы вызывает цитокин IL-1 β , его повышенный уровень в крови служит признаком развивающейся болезни. Именно с этим белком вступили в борьбу иммунологи «Cytos Biotechnology», пришив к ВПЧ мутантную молекулу IL-1 β — оригинальный вариант обладает слишком высокой биологической активностью. Испытания на мышах и обезьянах прошли прекрасно. Иммунизированные животные, которые получали специальную высококалорийную диету, призванную вызывать ожирение, меньше страдали от диабета. В настоящее время вакцину начали тестировать на людях.

Третья вакцина на основе ВПЧ предназначена для борьбы с курением, которое ежегодно уносит жизни 5 миллионов человек, умирающих от рака и хронических болезней легких, коронарной болезни сердца и инсульта, вызванных этой труднопреодолимой привычкой. Для борьбы с никотиновой зависимостью медики предлагают бросающим курить комплексную терапию, которая включает никотиновые жвачки или пластыри, антидепрессанты и препараты-антагонисты никотиновых рецепторов. Альтернативный вариант заключается в том, чтобы вообще не допустить никотин в мозг. Этого можно добиться иммунизацией. После введения ВПЧ с никотином организм вырабатывает антитела, которые связывают этот алкалоид и образуют с ним комплекс настолько большой, что он не проходит через гематоэнцефалический барьер, и никотин не попадает в мозг. Человек от такого курения не получает никакого удовольствия, и привычка постепенно сходит на нет. Антиникотиновая прививка может быть полезной для предотвращения рецидивов, когда человек бросил курить, но время от времени хватается за сигарету. Сейчас создатели вакцины стараются добиться стабильно высокого уровня антител.

Не бойтесь прививок

Иммунологи создают новые вакцины, совершенствуют уже имеющиеся и составляют оптимальные графики иммунизации населения, подбирая для каждого возраста свои прививки. Однако на этом пути ко всеобщему здоровью и процветанию они сталкиваются с неожиданной трудностью: люди отказываются от вакцинации, поскольку опасаются осложнений.

До недавнего времени вакцинацию проводили старым добрым пастеровским методом — вводили в организм ослабленных или убитых возбудителей заболевания. Вакцины получались эффективные, правда, не всегда безопасные. Например, противосыпная вакцина, хотя и доработанная с 1796 года, иногда вызывала энцефалит и миокардит. Оральная вакцина против полиомиелита, созданная в 1950-е годы, вызывала паралич в одном случае из миллиона. Можно привести и другие примеры — их немного, но достаточно, чтобы общественность во второй половине XX века перестала доверять вакцинации.

Ни одну из этих потенциально опасных вакцин больше не используют, и все же антипрививочные настроения в обществе остались. Как отмечает руководитель центра исследования вакцин фармацевтической компании «Novartis Vaccines and Diagnostics» (Сиена, Италия) Рино Раппуоли, если причина болезни неясна, люди обвиняют вакцину. Например, они почему-то решили, что прививка от кори, свинки и краснухи вызывает аутизм. Когда специалисты доказали, что это не так, вредоносное действие стали приписывать тимеросалу — ртутному компоненту некоторых вакцин, обеспечивающему стерильность. Ученые установили непричастность тимеросала к аутизму, но это не убедило «фундаменталистов»,

которые продолжают настаивать, что заболевание вызвано вакцинацией. На нее же сваливают и «синдром войны в Заливе», которым страдают ветераны войны с Ираком 1991 года. Этим термином называют широкий круг заболеваний, среди которых потеря памяти, хроническая усталость, головокружения и опухоли суставов. Перед отправкой в Персидский залив военнослужащим сделали множество прививок, в том числе от сибирской язвы, потому что опасались применения биологического оружия, а вакцины содержали ртуть и сквален, на которые теперь и сваливают все проблемы со здоровьем ветеранов. Скорее всего, самочувствие военных объясняется стрессом, пережитым во время боевых действий. Во всяком случае, похожие симптомы испытывали участники Гражданской войны в США, которым прививали только оспу, но борцов с прививками это не убеждает. У вакцин есть производители, и судиться с ними соблазнительно. Прецеденты уже есть.

Безвредность вакцины — понятие относительное. Небольшую болезненность, или отек на месте инъекции, или даже кратковременное повышение температуры медики считают приемлемыми последствиями вакцинации, однако население, особенно на Западе, с этим не согласно. И их можно понять, поскольку вакцину в отличие от лекарств вводят людям, которые перед этим чувствовали себя хорошо.

Отказываясь от вакцинации и не прививая своих детей, люди уверены, что никто не заразится. Они просто забыли, насколько тяжелы и смертельно опасны оспа, корь, коклюш и многие другие болезни, практически исчезнувшие из нашей жизни именно благодаря всеобщей вакцинации. Но возбудители инфекции никуда не делись, и массовый отказ от прививок порождает эпидемии. Именно поэтому в Европе сейчас имеют место вспышки кори: люди перестали прививаться и болезнь вернулась. А после распада СССР, когда разрушилась и система здравоохранения страны, по России прокатилась эпидемия дифтерита. По мнению специалистов, вероятность заболеть без прививки значительно выше, чем получить из-за нее осложнение. И приходится современным иммунологам заниматься санпросветом, как во времена Дженнера и Пастера.

Те, кто читал повести братьев Стругацких, помнят, конечно, замечательное достижение медицины будущего — инъекцию «бактерии жизни». Один укол, и человек больше ничем никогда не заразится. К сожалению, такая инъекция до сих пор остается фантастической идеей, хотя иммунологи упорно стремятся к ее реализации. Пусть не одна прививка, пускай несколько, но от всего. За два века, прошедшие после начала оспопрививания, появилось множество вакцин, которые спасли несчетное количество жизней, но до сих пор не на всякую заразу есть прививка. Открытие TLR прибавило ученым понимания того, как должна быть устроена эффективная вакцина. Они стали более осмысленно использовать адьюванты — усилители отклика иммунной системы.

Их открыли эмпирически в 20-х годах XX века, а действие объясняли предположительно. Теперь же специалисты понимают, что в роли адьювантов выступают стимуляторы клеток врожденного иммунитета, и выбирают, соответственно случаю, ослабленные микроорганизмы или вирусные нуклеиновые кислоты. И медики, и больные пребывают в напряженном ожидании, что вот уже совсем скоро, чуть ли не завтра, появятся у нас средства и против рака, и против СПИДа, и против туберкулеза. Ожидание затягивается. Множество новых вакцин находится сейчас в разработке, но дальше клинических испытаний дело пока не продвинулось. Впрочем, создание эффективного и безопасного препарата — дело долгое.



СОРБОМЕТР™

АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Характеристики

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

Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

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

Области применения

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

Федеральный интернет-портал
НАНОТЕХНОЛОГИИ И
НАНОМАТЕРИАЛЫ
www.portalnano.ru

Самые свежие официальные новости об исследованиях и разработках, интервью с ведущими представителями отрасли, международные обзоры и статьи, конкурсы в области наноиндустрии.

Наноматериалы

Наноэнергетика

Нанотехнологии
для безопасности

Наноэлектроника

Нанобиотехнологии

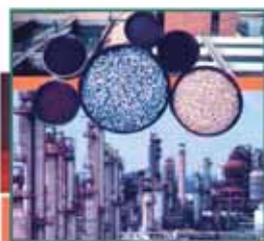
Метрология

Наноинженерия

Нанотехнологии ТЭК

и стандартизация

portalnano@informika.ru
ФГУ ГНИИ ИТТ "Информика"



РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ



2004



2008



2005



2009



2009



2008



2006



Для исследования каталитических свойств зерновых катализаторов в различных процессах с газовыми и парогазовыми реакционными смесями при атмосферном давлении и в условиях повышенных давлений

ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЪЗУЮТСЯ:

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫГРУЖЕННЫХ, ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО АППАРАТА, ОБРАЗЦОВ КАТАЛИЗАТОРА
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕЗАКТИВАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ И СПОСОБОВ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО

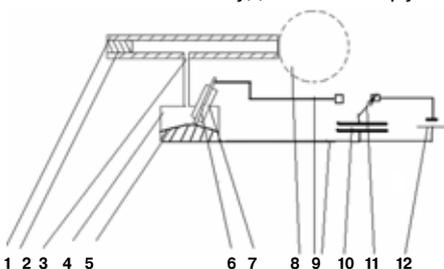
Невидимый источник видимого света



ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Посмотрите внимательно на фото 1. На экране ясно видна тень от штатива с зеркалом, но не видно источника света, освещавшего штатив. Прямые линии белого цвета соединяют некоторые точки штатива с соответствующими точками тени. Точка пересечения этих прямых должна указать расположение источника света, освещавшего объект (штатив). И действительно, срез трубы (помеченный голубой стрелкой), вблизи которого пересекаются белые прямые, — это то место, где в условиях опыта ожидалось расположение источника света. Однако его там не наблюдается.

Условия опыта были таковы (см. рис.). Ниже стальной полудюймовой трубы



1 — пробка; 2 — реакционная полудюймовая труба; 3 — медная трубка диаметром 6 мм; 4 — взрывная ячейка; 5 — увлажненная порошкообразная натриевая селитра; 6 — стальной стержень; 7 — трубка из диэлектрика; 8 — облако продуктов реакции возле среза трубы; 9 — провода; 10 — батарея конденсаторов; 11 — двухполюсный выключатель; 12 — источник постоянного напряжения (220 В)

располагается электровзрывная ячейка (небольшой отрезок латунной трубы диаметром 13 мм, заглушенный с обоих концов, внутренний объем которого соединен со стальной трубой с помощью медной трубки диаметром 6 мм). В электровзрывную ячейку насыпали натриевую селитру (нитрат натрия) в количестве 1–2 мл, к ней добавили две капли воды и через эту мокрую соль разрядили батарею конденсаторов емкостью 8600 микрофарад, заряженную до напряжения 220 вольт. При электровзрыве натриевой селитры вследствие выделения газообразных продуктов внутри кристаллического вещества происходит выброс пылевидных и сильно нагретых кусков селитры. В дальнейшем в этих кусках продолжается выделение газов и соответственно распад этих кусков на еще более мелкие. В результате средний размер пылинок уменьшается, а их



количество — возрастает. Кроме этого еще и уменьшается температура пылинок, а значит, и скорость разложения. Таким образом, можно ожидать, что скорость разложения селитры, приводящего к образованию возбужденных молекул, проходит через максимум в какой-то



момент времени. Поскольку заранее рассчитать этот момент не представляется возможным, то в эксперименте приходится действовать методом проб и ошибок, подбирая ту или иную длину или диаметр трубы. Та конфигурация, которая имела место в наших опытах, сложилась именно в ходе такого экспериментирования. Искровой разряд батареи конденсаторов через смоченную натриевую селитру вызывает очень сильный нагрев, локализованный на небольшом участке поверхности селитры.

Продукты термического разложения натриевой селитры по медной трубке поступали в стальную трубу. В итоге у среза стальной трубы возникало светящееся газопылевое облако, подобное тому, что присутствует на фото 2 для сравнения. В результате происходит термическое разложение нитрата с выбросом в газовую фазу атомов кислорода и натрия. Эти атомы образуют возбужденные эксиплексы $O...Na$, причем состояние, лежащее ниже по энергии, неустойчиво. При попадании в это состояние вследствие излучения молекулы $O...Na$ распадаются, что и обеспечивает возникновение инверсии населенностей.

А для получения фото 2 условия опыта были изменены. Стальную трубу укоротили — со 110 до 54 мм. Теперь раскаленные пылевидные частицы натриевой селитры не успевали разложиться за время движения от электровзрывной ячейки до среза трубы, они вносили основной вклад в наблюдаемое излучение газопылевого облака вблизи среза трубы. Заметим, что в условиях фото 2 освещенность экрана оказалась существенно ниже, чем на фото 1, например, тень от стержня, ввинченного в экран, видна слабо. Парадокс: на фото 2 источник света существенно ярче, а создаваемая им тень при этом существенно слабее.

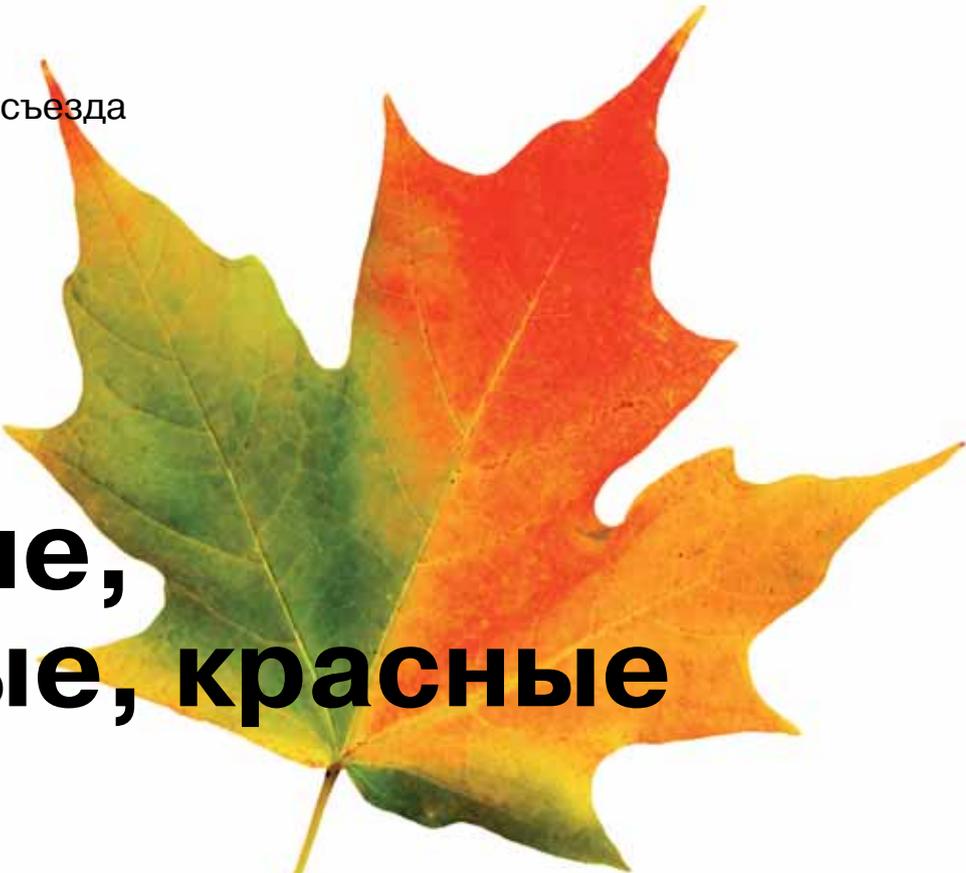
Если в среде имеет место инверсия населенностей состояний возбужденных молекул, то есть если концентрация молекул в возбужденном состоянии выше, чем в невозбужденном, то в такой среде может возникнуть явление усиления света за счет стимулированного излучения. Первый фотон, рожденный в акте спонтанного излучения возбужденной молекулы, воздействует на другую такую же возбужденную молекулу и заставляет ее испустить идентичный по направлению движения и по длине волны фотон. В результате формируется лавина идентичных фотонов. Этот поток фотонов распространяется внутри узкого телесного угла и будет обнаружен лишь тем приемным устройством (глазом, фотоаппаратом), которое окажется на пути распространения этого узкого пучка света.

Источник света, присутствовавший вблизи среза трубы на фото 1, не испускал фотонов в направлении объектива фотоаппарата, поэтому его изображение отсутствует на фотографии, хотя он осветил экран и штатив, установленный перед экраном. Наоборот, в условиях фото 2 раскаленные пылевидные частицы производили «обычное» спонтанное излучение, для которого все направления равновероятны, поэтому оно и было замечено фотоаппаратом. Но освещенность экрана оказалась слабее.

Особенность этого излучения в том, что оно происходит каждый раз в новом направлении. Это — основная проблема на сегодняшний день, мешающая его исследовать.

Кандидат физико-математических наук
В.Г.Федотов

Желтые, зеленые, красные



Л. Стрельникова

Место действия

Очередной XIX Менделеевский съезд проходил в Волгограде. Почему оргкомитет выбрал именно этот город? По многим причинам, о которых я сейчас расскажу. Но, забегаю вперед, отмечу, что решение было правильным.

Приволжский регион — место воистину химическое. Природа расщедрилась, спрятав в этих землях россыпи уникальных месторождений минеральных солей. Эльтонское, Баскунчакское и Светлоярское месторождения хранят в себе 10 миллиардов тонн поваренной соли — 20% всех запасов России. Шестьдесят процентов соли, которую мы используем в пищу, поступают с Баскунчакского месторождения — недаром его называют «российской солонкой». В Котельниковском месторождении запасено 4,5 миллиарда тонн калийных солей, а фантастические залежи магниевых солей на приволжской земле оцениваются более чем в 365 миллиардов тонн. Достаточно вспомнить, что здесь находится самое крупное в мире месторождение чистейшего (93—96%) бишофита $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ — идеального сырья для получения магния, который входит в состав различных сплавов.

Минеральным сырьем богатство региона не ограничивается. В 1948 году здесь открыли нефть и газ, и сегодня их запасы оценивают соответственно в 10 миллиардов тонн и 1 триллион кубометров (78 месторождений нефти и газа).

Природными богатствами Россию не удивишь. Однако Нижневолжский регион замечателен тем, что здесь умеют распоряжаться этими сокровищами: нефть качают (6 миллионов тонн, а к 2015 году обещают 15 миллионов тонн), газ добывают (12 миллиардов m^3), заводы работают (170 крупных, из них 17 предприятий химии и 7 — металлургии). А в результате доля химической и нефтехимической отрасли в региональном валовом продукте составляет 41% (больше, чем в Китае или США!), доля металлургии — 24,1%.

Конечно, региону досталось солидное промышленное наследство от прежних времен: металлургический завод «Красный Октябрь» (1898), «Химпром» (1931), НПЗ в Волго-

граде (1957), Волжский химкомбинат (1958), алюминиевый завод (1959), «Каустик» (1967), газоконденсатный комплекс в Астрахани (1981) и др. Однако заслуга региона в том, что заводы не закрыли, не превратили в склады и торговые центры, а сделали все, чтобы они работали.

Сегодня местное промышленное сообщество и власти занимаются модернизацией действующих производств и строительством новых. Не только для нефтепереработки («ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка»), но и для самых разных производств: гидроксида магния и полиоксихлорида алюминия («Каустик»), полиэфирных кордных тканей и технических нитей («Сибур-Волжский»), карбида кремния (Волжский абразивный завод). Строятся завод по производству полиэтилена в Астрахани и горно-обогатительный комбинат калийных удобрений мощностью 2,3 миллиона тонн в год на Гремяченском месторождении («ЕвроХим-ВолгаКалий»).

Освоение новых технологий и производств невозможно без сотрудничества с наукой и без хороших кадров. Центр такого образовательно-научно-промышленного сотрудничества — Волгоградский государственный технический университет, который в прошлом году отметил свое 80-летие.

Должна признать, что некоторые столичные вузы со своими обшарпанными аудиториями выглядят неважно на фоне ВолгГТУ. Впечатляющее место. И дело не только в прекрасно отремонтированных помещениях, чистоте и уюте, в огромном количестве компьютеров, свободном доступе к Интернету, современном оснащении аудиторий и лабораторий. Все это необходимо и важно. Но есть еще и нечто большее — энергия, которая здесь бьет ключом, приподнятое настроение, которое исходит от сотрудников и передается студентам и гостям университета. Работать и учиться сюда приходят с радостью каждый день.

Каждый год университет выпускает около четырех тысяч дипломированных специалистов, большинство из которых идут работать по специальности. Конкурс в университет по-прежнему один из самых высоких в стране среди технических вузов — желающих учиться здесь очень много. Да и научно-

исследовательская деятельность не замирает: количество публикаций растет, особенно в западных научных журналах. По совокупности показателей, по самым разным рейтингам ВолгГТУ занимает высокие позиции, опережая большинство столичных вузов.

Что особенно важно, в стенах университета создаются технологии, которые вбирает в себя промышленность. Свыше 10 миллионов квадратных метров спортивных площадок, кортов, полов в промышленных зданиях и кровель покрыты эластичными материалами методом заливки — по технологии ВолгГТУ. Конструкционные стеклопластики и полимеры пониженной горючести на основе фосфорсодержащих мономеров используют в судостроении. Композиционные материалы, получаемые с помощью энергии взрыва по технологии ВолгГТУ, применяют в космических системах и аппаратах, трубах и корпусах реакторов для нефтехимической отрасли, оборудовании для металлургических комбинатов. В университете сконструированы изложницы повышенной стойкости для разлива стали, которые уже установлены на Волгоградском металлургическом заводе «Красный Октябрь», на Челябинском и Алачаевском металлургических комбинатах и на металлургическом заводе «Электросталь». А гравитационно-прессовый метод уплотнения литейной формы, дающей литье отменного качества, используют уже на 14 предприятий.

ВолгГТУ, конечно, не единственное высшее учебное заведение в Волгограде. Рядом расположен не менее значимый для региона Волгоградский государственный медицинский университет, который возглавляет академик РАН В.И.Петров. Здесь не только готовят будущих врачей, но и активно занимаются научными исследованиями. Сейчас 15 препаратов, разработанных в университете, проходят клинические испытания — средства против диабета, аллергии, аритмии, нейропротекторы, кардиопротекторы, антидепрессанты и др. Не без оснований правительство РФ недавно решило создавать в этом регионе химико-фармацевтический кластер.

Площадками, на которых разворачивались события съезда, стали также Социально-педагогический университет, Академия государственной службы, Планетарий... Впрочем, основное действие происходило в Центральном концертном зале, который местная власть отремонтировала специально к съезду, — роскошный подарок и химикам, и городу. Благодаря ему волгоградцы надолго запомнят Международный год химии и Менделеевский съезд.

Действующие лица и исполнители

Действующие лица на съезде разделялись по цвету бэджей на «желтых», «зеленых» и «красных». Цвета золотой осени, цвета жизни — вполне символично для съезда химиков, который собрался в Международный год химии с лозунгом «Химия — наша жизнь, наше будущее».

«Желтые», самые молодые и веселые, — это вездесущие организаторы. Одних только волонтеров, студентов и аспиран-

тов химико-технологического и других факультетов ВолгГТУ, — 350 человек, причем отбирали их по конкурсу. Они дневали и ночевали в аэропорту, на вокзале и в гостиницах города, чтобы встречать и провожать гостей и решать их проблемы, они с приветливыми улыбками встречали участников съезда везде, где проходили мероприятия.

Более опытные сотрудники ВолгГТУ дирижировали целым парком автобусов, в том числе двухэтажных, следили, чтобы никто не опоздал на заседания (ведь гостиницы, где жили участники съезда, находятся в разных местах города), чтобы транспорт отправлялся вовремя, потому что программа съезда — это святое, все должно начинаться и заканчиваться строго по расписанию. И чтобы техника работала без сбоев, чтобы все были накормлены, чтобы... Плановые и внеплановые заботы организаторов можно перечислять долго. При этом деятельность многочисленной армии «желтых» была синхронизирована и согласована почти идеально.

Армия «зеленых», участников съезда, была еще больше. В Волгоград приехали более тысячи человек из самых разных городов России, 47 гостей из стран СНГ и 30 — из дальнего зарубежья. Причем армия довольно молодая: каждый пятый — студент или аспирант.

Участники съезда тоже приехали работать. 700 стендовых сообщений, 242 устных доклада на секциях... Иными словами, 80% участников так или иначе заявили о своих исследованиях или своей позиции. А еще смогли прослушать пленарные доклады на разные темы и сообщения коллег — пять дней хорошей интеллектуальной нагрузки.

Самой малочисленной, но самой важной была армия «красных», которая объединяла 28 академиков, 41 члена-корреспондента РАН, а также ректоров вузов и директоров институтов. «Красные» держались несколько особняком: свой транспорт, свой ресторан, своя вечерняя программа. Впрочем, несмотря на бросающуюся в глаза иерархичность, «красные» были доброжелательны и открыты для любого разговора.

Одним из главных действующих лиц на съезде был Александр Иванович Новаков, заместитель председателя оргкомитета съезда, ректор Волгоградского государственного технического университета, член-корреспондент РАН. Именно его фантастическим организационным способностям съезд обязан своим успехом. Гостиницы, транспорт, питание, рабочая программа, музыкальное сопровождение, экскурсии, банкеты, фейерверк со светящейся цифрой XIX и салют... Все было безупречно, в хорошем темпе, со вкусом. Своего ректора, как я выяснила в кулуарах, очень любят и ценят в университете. На съезде он покорила всех.

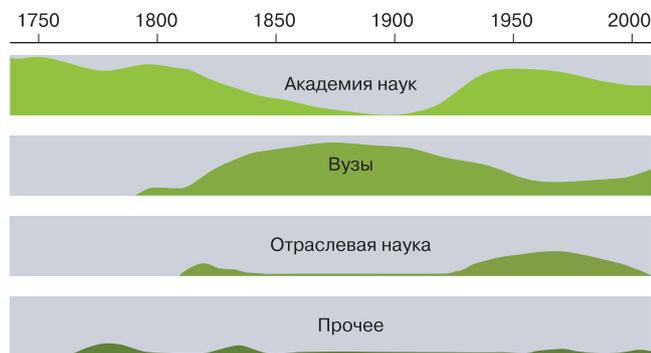
Академик Олег Матвеевич Нефедов, бессменный президент Менделеевских съездов на протяжении многих лет, сколько я их помню, признал, что это, пожалуй, один из самых ярких и праздничных Менделеевских съездов за всю их историю.





Действие с ремарками

Первая половина каждого дня проходила в ЦКЗ. Здесь академики и высокие приглашенные гости читали пленарные лекции, и все — про современную химию. Правда, академик Ю.А.Золотов совершил увлекательный экскурс в прошлое и представил нам «Российскую химию сквозь призму времени». По сути, Юрий Александрович провел историческое исследование, на которое он, очевидно, потратил немало времени. Исторические факты он проанализировал в терминах и формах, присущих естественной науке. В частности, предложил нашему вниманию любопытную диаграмму: как менялся во времени вклад тех или иных институций, занимавшихся наукой, в химию в целом.



Ретроспективный взгляд на химические технологии присутствовал и в блистательном докладе академика И.И.Моисеева «Развитие промышленного органического синтеза: от Зинина до наших дней». Органический синтез, заключенный в промышленные реакторы, позволяет сегодня получать миллионы тонн самых разных продуктов и полупродуктов, без которых нынешняя цивилизация немислима. Понятно, что для столь масштабной деятельности необходимы не только как можно более дешевое сырье, но и наиболее производительные и энергетически выгодные технологии. Поиск дешевого сырья, селективных катализаторов и сведение к минимуму неприятных последствий для окружающей среды приводят нас к концепции «зеленой химии». Сообщество профессиональных химиков и промышленников создало ее задолго до того, как об этом заговорили «зеленые». Потому что развитие «зеленых» технологий стимулируется не только и не столько желанием защитить окружающую среду, сколько экономическими причинами.

И.И.Моисеев предложил слушателям исчерпывающий обзор промышленных процессов, начиная с синтеза анилина восстановлением нитробензола по реакции Зинина (1842) и заканчивая новейшими технологиями получения различных промышленных продуктов. Этот обзор был невероятно ценен, поскольку продемонстрировал, как эволюционировали

технологические идеи в последние 170 лет, как химики добились 100%-ных выходов, минимальных расходов энергии и как они неизбежно пришли к сотрудничеству с природой, поставив ее непревзойденное искусство химика-технолога себе на службу. И мы видели на экране небольшие заводы, где в светящихся фотобиореакторах день и ночь происходит фотосинтез, порождающий огромные объемы синезеленых водорослей — новое химическое сырье, биомассу.

«Каменный век закончился не потому, что закончились камни. Так и нефтяная эпоха закончится задолго до того, как человечество лишится нефти». Это высказывание шейха Заки Ямани, бывшего нефтяного министра Саудовской Аравии, И.И.Моисеев использовал для подкрепления своего тезиса о том, что Год химии имеет все шансы перерасти в век химии, когда все необходимое человечество будет получать, используя в качестве сырья возобновляемую биомассу. В наши дни химики уже умеют многое. Они получают изопрен, сырье для каучука и резины, из целлюлозы, этанол из рапса и керосин из этанола, алканы и алкены из биомассы водорослей.

В сущности, мы уже сегодня можем быстрым пиролизом сухой биомассы получать бионефть с массовым выходом 70%. Только нефть эта совсем не привлекательна: она слишком вязкая, слишком кислая (pH=3), слишком нестабильная и склонна к полимеризации. А главное — в ней содержится множество кислородсодержащих органических соединений: фенолы, карбоновые кислоты, спирты, сахара, кетоны, фуран и др. Но нам-то для классических химических производств нужны привычные углеводороды. Соединения с кислородом все только портят, от них надо избавляться.

Вообще, если мы делаем ставку на природное возобновляемое сырье, то есть на биомассу — продукт фотосинтеза, то надо понимать, что нам предстоит иметь дело именно с кислородсодержащей органикой. И выхода здесь два: либо научиться использовать эти самые кислородсодержащие вещества в качестве полупродуктов для большой химии, то есть, по существу, создать новую промышленную химию, либо научиться убирать кислород из этого коктейля природных соединений, чтобы получать привычные углеводороды. Решаема и та, и другая задача. И над обеими активно работают химики в разных лабораториях мира. Об этом говорил И.И.Моисеев.

А продолжил эту тему академик В.Н.Пармон: «Деоксигенация — принципиально новое направление в науке о катализаторах». Нам понадобятся катализаторы, устойчивые в кислой среде, которые позволят удалить кислород из карбоновых кислот, альдегидов и кетонов, из фенолов и лигнина, из сахаров с помощью реакций дегидратации, гидрогенолиза, декарбонилирования и декарбоксилирования — и получить привычные углеводороды.

Есть уже и действующие технологии. Например, мы научились расправляться с растительными маслами и жирами, превращая их в дизель (C₁₂—C₁₇) и бензин (C₇—C₁₁) с помощью гидрокрекинга (290—350°C, 10—30 атм. H₂, катализаторы без благородных металлов).



Впрочем, создание новой промышленной химии на растительном сырье — дело будущего, пусть и недалекого. Пока что нефть остается основным сырьем для химии. А значит, остаются проблемы, связанные с ее переработкой. Нефти мы добываем много, благо природа не обделила Россию ресурсами, но и проблемы столь же велики. Главная из них кроется в том, что глубина переработки нефти, то есть превращение ее тяжелых фракций (а их в нефти больше всего) в более легкие и товарные, будь то бензин или полупродукты для химической промышленности, у нас позорно мала. А все потому, что процессы крекинга — каталитические.

Самое простое и дешевое — это, как ни странно, научные исследования. Есть прекрасные коллективы — Институт катализа СО РАН (Новосибирск), Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН (Москва). Есть новые каталитические технологии, разработанные в российских лабораториях, которые позволяют сильно расширить нашу сырьевую базу и вовлечь в переделку попутный газ и тяжелые нефти. Например, вот такая: превращение метана и легких углеводородов (пропан-бутан) на цеолитных катализаторах в ароматические соединения (бензол, фенол, нафталин и др.). Причем в одну стадию! Этот красивый процесс совместной ароматизации метана и парафинов C_2-C_4 , называемый «БИЦИКЛАР», — один из способов переработки попутного газа (C_1-C_4), 50 миллионов тонн которого мы сжигаем каждый год за ненадобностью.

Академик С.Н.Хаджиев в своем докладе рассказал об изящной технологии переработки тяжелых нефтей и тяжелых нефтяных остатков, содержащих гудрон, битум, асфальты. В них присутствует огромное количество громоздких и тяжелых асфальтенов, которые к тому же пачкуются в ассоциаты размером 5—10 нм, а те, в свою очередь, — в крупные конгломераты размером 50—100 нм.

Кстати, таких неудобоваримых тяжелых нефтей у нас больше всего, но подступиться к их переработке мы пока не можем — асфальтены быстро выводят из строя традиционные цеолитовые катализаторы, пронизанные крошечными порами, попросту забивая и блокируя их. В Институте не-

фтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, который возглавляет С.Н.Хаджиев, разработали красивую технологию получения суспензии наноразмерных гетерогенных катализаторов (оксид алюминия, оксид молибдена) непосредственно в углеводородной среде. Этот катализатор отлично работает, но более подробно о новой технологии мы расскажем в одном из ближайших номеров.

Как мы видим, технологии есть. Так в чем проблема? Их две, и обе серьезные. Производство катализаторов, а в данном случае речь идет о крупнотоннажном производстве, — дело исключительно тонкое и деликатное. А культура работы с катализаторами у нас в стране низка, о чем говорят уже не первый десяток лет. Стоит чуть-чуть нарушить технологический регламент, и мы получим катализатор, у которого немного другой состав и чистота, немного другое значение кислотности поверхности, или размеров пор, или площади активной поверхности... Вот это «чуть-чуть» на самом деле фатально. Небольшие отклонения приводят к тому, что катализатор из разных партий ведет себя неодинаково. А как с этим мириться промышленникам? Вот они и предпочитают покупать катализаторы за рубежом — там умеют жестко соблюдать технологию.

Но, допустим, нам удастся изменить технологическую культуру, если, конечно, мы поставим перед собой такую цель. Пойдут ли наши дела в гору? Появится ли у наших разработок шанс стать промышленной технологией? Это вопрос, потому что есть еще одно большое «но».

Как технологическая разработка попадает в крупный бизнес? Сначала зарождается идея, ведутся исследования, ее подтверждающие, и, наконец, — долгожданный результат с публикацией в научном журнале. Этот исследовательский этап финансирует РАН и РФФИ. Затем авторы идеи воплощают ее в укрупненном лабораторном варианте и доказывают ее техническую состоятельность, что финансирует Роснаука. И на этом все заканчивается, потому что следующий этап — создание полупромышленной установки — невозможен без основательного финансирования, но именно на это денег никто не дает. В прежние советские времена это было прерого-





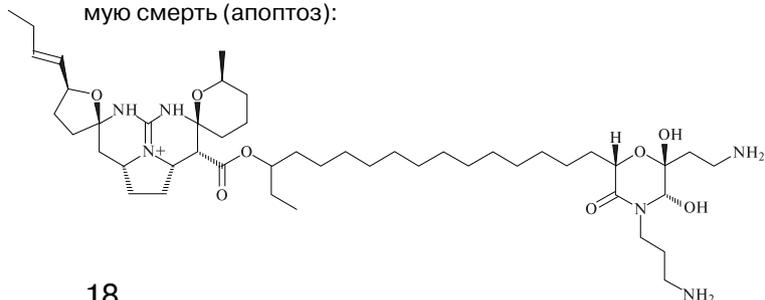
тивной государства, которое брало на себя все экономические риски. Переложить эту проблему на плечи промышленника, бизнесмена невозможно: он не будет рисковать огромными деньгами — а вдруг технология не пойдет? Он готов построить новый цех или завод, вложиться по полной, но в то, что заведомо будет работать и принесет обещанное. Поэтому он предпочтет купить технологию в полном комплекте и под ключ на Западе — так надежнее, есть гарантии, а риски минимальные.

Катализаторы — это универсальный инструмент, который работает в 90% всех производств химической продукции и жидких топлив. Да и в других отраслях — энергетике, металлургии, экологии, фармацевтике и пищевом — они всегда востребованы. Вклад каталитических технологий в материальную составляющую ВВП США — 35%, а в России — 12—15%. Для нашей нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей страны это унизительно мало. И так будет продолжаться, пока мы не решим две эти проблемы, лежащие за пределами науки.

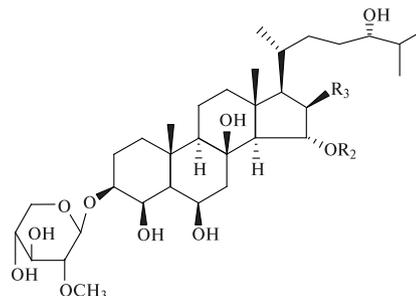
Большинство докладчиков, рассказывая о науке, говорили о промышленном производстве как о конечной и благородной цели исследования — будь то материалы для самолето- и ракетостроения (академик Е.Н.Каблов), металлургия (академик Л.И.Леонтьев), перспективы радиохимии (академик Б.Ф.Мясоедов), лекарства от нейродегенеративных заболеваний (член-корреспондент РАН О.С.Бачурин). Более того, небольшие опытные производства работают и при научно-исследовательских организациях, например при Тихоокеанском институте биоорганической химии.

Его директор, академик В.А.Стоник, рассказал о новых природных алкалоидах, стероидах, гликозидах, терпеноидах, астеросапонидах и прочих биологически активных веществах, которые сотрудники института извлекли из морских организмов и растений Дальнего Востока, идентифицировали и всесторонне изучили. (Богатейшее и уникальное биологическое разнообразие Дальнего Востока предоставляет бесценный материал для исследований.) Речь идет не о считанных веществах, а о сотнях, большинство из которых проявляют удивительную биологическую активность.

Чего стоит, например, новый гексациклический гуанидиновый алкалоид монанхоцидин из губки *Monanchora pulchra* с неизвестной ранее скелетной системой, высокотоксичный для опухолевых клеток и стимулирующий их программируемую смерть (апоптоз):

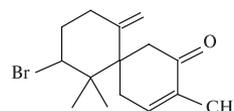


Или новый полярный стероидный гликозид линкозид L1, выделенный из морской звезды *Linkia laevigata*. Это вещество стимулирует рост дендритов нейронов и усиливает действие фактора роста нейронов.



Кстати, только за последние 10 лет в лабораториях института исследователи выделили около 70 новых стероидных гликозидов из морских звезд и губок и установили их строение.

А вот еще один «герой» — хамиграновый сесквитерпеноид дактилон, который выделили из съедобной водоросли. Он препятствует перерождению нормальных клеток в опухолевые и вызывает апоптоз последних.



Отрадно, что эти исследования не заканчиваются публикацией научной статьи, а превращаются в нечто более значимое для общества — в лекарственные препараты. Их, в частности, делают здесь же, на опытном производстве института, где используют около сотни собственных патентов. Например, уже восемь лет небольшими партиями выпускают препарат «Гистохром для кардиологии», который уменьшает зону некроза при остром инфаркте миокарда. А новый препарат растительного происхождения «Максар» (2008) защищает печень и показан для лечения токсического и вирусного гепатитов и цирроза.

Интересно, что почти во всех докладах вполне органично и естественно звучало «нано». А уж выступление академика Ю.Д.Третьякова было настоящей одой нанотехнологиям. Это и понятно, ведь нанотехнологии, по Ролду Хофману, «новое название, которое придумали для химии» (см. «Химию и жизнь», 2011, № 9).

Невозможно в одной статье даже кратко рассказать о всех пленарных выступлениях — их было 27! Пожалуй, самая блестящая пленарная программа из всех Менделеевских съездов последних лет. Надо отдать должное докладчикам: большинство выступлений были интересными, понятными, а зачастую и просто красивыми. А завершающий доклад академика



А.И.Коновалова о самоорганизации как фундаментальном свойстве материи — это был вдохновенный гимн природе, использующей супрамолекулярные системы для создания систем биологических.

Эпилог

Я не рассказываю о заседаниях восьми секций, которые работали как тематические мини-конференции каждый день после обеда. Они проходили в разных зданиях, и успеть на все интересные доклады было просто невозможно. Впрочем, тематических научных конференций по аналитике, нефтехимии, наноматериалам и проч. и без того хватает. У Менделеевского же съезда другая миссия: объединить сообщество профессиональных химиков, исследователей разных интересов и специальностей, предоставить им возможность для свободного общения, для расширения своих знаний в области химии, такой большой и разнообразной. С этой точки зрения программа пленарных докладов удалась, чего не могли не оценить участники съезда.

«Неделя в Волгограде воспринимается как время, проведенное на другой планете, — написал в своем отзыве Данила Барский, студент пятого курса Новосибирского государственного университета. — Планета эта очень яркая, солнечная, живая, а существа, ее населяющие, являются примером для всех «земных» жителей. На этой планете всеми движет одна идея — сделать общее существование более комфортным и эффективным. Усилия каждого направлены на то, чтобы делать нашу жизнь максимально продуктивной и в то же время не нарушать экологический баланс и бережно относиться ко всему живому. Больше всего поразило меня то, как легко и непринужденно общаются на этой планете. Это, наверное, самый полезный тип коммуникаций, который только может быть. Для обмена идеями нет никаких барьеров: такое ощущение, что общаются не люди, а сами мысли взаимодействуют друг с другом. Этого порой так не хватает в «нашем земном» мире, когда для того, чтобы донести мысль,

приходится продираться сквозь безразличие, непонимание и порой даже неприязнь».

«Для студентов подобное мероприятие является в первую очередь прекрасной возможностью расширить свой кругозор, — считает Всеволод Чепиков, студент пятого курса факультета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова. — Оно позволяет послушать выступления ведущих ученых-химиков, работающих в самых разных областях: от молекулярной биологии до нефтепереработки».

«Бытовая сторона вопроса была продумана организаторами очень хорошо: своевременно автобусы «вокзал — университет — гостиница», wi-fi в университете... — отметила Любовь Оболенская, студентка четвертого курса МИТХТ им. М.В.Ломоносова. — Вообще всегда поражает, как удается наладить жизнь и работу такого огромного количества людей (участников было больше тысячи) на целую неделю. Но наибольшее впечатление произвел город своим невероятным размахом, ширью и масштабностью. Здесь все какое-то крупное и отрывающее от мелочной суеты: виды на реку, диорама в музее Сталинградской битвы, скульптуры на Мамаевом кургане. Такое произведение, как «Родина-мать», могло появиться только здесь. Оно одновременно потрясающе гармонирует с окружающей природой, как будто «вырастая» из нее, и полностью отражает качества живущих здесь людей, сумевших сначала в нечеловеческих условиях переломить ход войны, а потом увековечить память о ней».

Кстати, эти студенты — победители Менделеевского конкурса исследовательских работ студентов-химиков 2011 года. В качестве награды оргкомитет съезда пригласил их в Волгоград.

А я вернулась со съезда с пятью тяжелыми томами тезисов, красным бэджом и пониманием, что «Химия и жизнь» — в «мэйнстриме». Все, о чем пишет наш журнал в последние годы, так или иначе звучало на съезде, когда говорили о достижениях, проблемах и перспективах химии. Ради этого стоило на нем побывать.



Из мозга в поджелудочную железу

Нейроны могут вырабатывать инсулин.

«EMBO Molecular Medicine», 10 октября 2011, doi: 10.1002/emmm.201100177

Если бета-клетки поджелудочной железы, ответственные за производство инсулина, не получается вылечить, их можно заменить. Только лучше бы новые клетки брать не у донора, а у самого пациента, чтобы избежать проблем с иммунным ответом. Но где их взять, если у пациента они не работают как надо? На ум сразу приходят стволовые клетки.

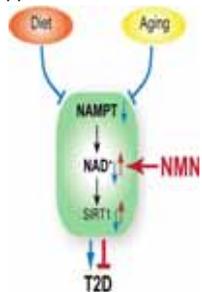
Исследователи из Национального института развития промышленной науки и технологии (Цукуба, Япония) во главе с доктором Кувабара Томоко сумели подготовить такие клетки без всяких предварительных процедур: их взяли у больной диабетом крысы из мозга и сразу же пересадили в поджелудочную железу. «Проще всего брать клетки из гиппокампа и обонятельной луковицы», — говорит доктор Кувабара.

После пересадки поджелудочная железа крысы снова начала вырабатывать инсулин, который вернул уровень сахара к норме. А когда трансплантат убрали, сахар опять вырос. Поскольку стволовые клетки могут делиться неограниченное число раз, у медиков в руках оказывается неисчерпаемый источник материала для проведения подобных операций. Главное, чтобы пересаженная стволовая клетка не стала неограниченно размножаться на новом месте.

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

Витамин от диабета

Специальный витамин поможет от диабета.



«Cell Metabolism», 2011, т. 14, № 4, с. 528.

При диабете второго типа и поджелудочная железа работает, и инсулин в организме есть, а вот глюкозу клетки плохо усваивают, оказываясь на голодном пайке. Ученые из Университета Вашингтона в Сент-Луисе во главе с доктором Имаи Синихиро пытаются справиться с этой болезнью. Они исходят из того, что одной из ее причин служит нарушение синтеза очень важного вещества — кофермента NAD⁺. Он выполняет много функций, в частности обеспечивает снабжение клетки энергией, а также помогает работать сигнальному белку SIRT1, регулиющему обмен веществ едва ли не во всех органах и тканях. Жирная пища и старение уменьшают выработку NAD⁺, что неизбежно сказывается на организме. Казалось бы, его и надо вводить, но в больших дозах он ядовит. Поэтому ученые ставили опыты с безопасным веществом-предшественником — никотинамид-моноклеотидом, NMN, его инъекции и делали подопытным мышам. Результат оказался неплохим. Так, у молодых самок, которых полгода кормили жирной пищей и добились-таки диабета, укол NMN полностью восстанавливал уровень глюкозы в крови. У самцов эффект был менее выражен. Исследователи пошли на большие затраты и поставили долгосрочный эксперимент: дождалась, пока другая группа мышей постарела и у 15% самцов диабет развился естественным образом. Оказалось, что даже одного укола NMN им достаточно для заметного снижения уровня сахара в крови. Примечательно, что у здоровых мышей укол этого вещества не вызывал негативных последствий.

Сейчас исследователи изучают, как влияет на здоровье мышей питание с добавкой раствора NMN, и собираются перейти к экспериментам с участием людей. Цель — создать витамин, ежедневный прием которого предотвратит развитие диабета второго типа либо поможет лечить его. Кстати, немецкие медики из Гельмгольцевского центра в Мюнхене заметили («Diabetes Care», 2011, т. 34, № 10), что витамин, сдерживающий развитие диабета даже у генетически склонных к нему людей, уже есть — это витамин D.

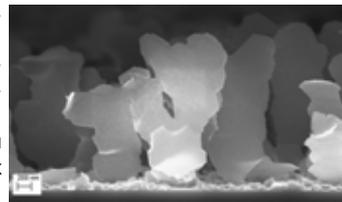
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Водород в нанолепестках

Новый нанообъект из магния и палладия — потенциальное хранилище водорода.

«The International Journal of Hydrogen Energy», 2011, т. 36, № 18, с. 11752.

Впридачу к таким нанообъектам, как трубки, шары, спирали или бруски, появились нанолепестки. Их главное достоинство — огромная поверхность, а значит, эти объекты хорошо подходят для хранения на ней чего-нибудь — например, водорода. Подобные лепестки изготовили исследователи из Ренселаровского политехнического института во главе с профессором Кво Чин Воном. Пар магния направляли под углом к подложке, и получались магниевые лепестки размером в сотни микрон, а толщиной — в десятки нанометров. Затем на них нанесли тончайшую пленку палладия — этот элемент охотно образует гидриды.



Главным достоинством нового материала стала его способность отдавать водород при низкой температуре — при нагреве всего до 67—100°C. Обычно же металл-гидридные хранилища требуют гораздо большего нагрева. Испытания показали, что десять циклов зарядки-разрядки ненамного снизили емкость такого хранилища. Причиной стало окисление лепестков. «Вот над долговечностью материала мы теперь и будем работать», — говорит профессор Вон.

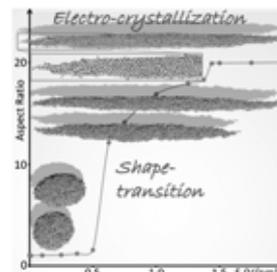
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Электрический кристалл

В сильном электрическом поле жидкость может закристаллизоваться.

«Journal of Physical Chemistry C», 2011, т. 115, № 42

Очевидно, что если взять каплю жидкости, молекулы которой обладают большим дипольным моментом, и поместить ее в электрическое поле, то в ней возникнет некий порядок. Например, капля воды из сферической превращается в эллипсоид, вытягиваясь вдоль вектора напряженности поля. А что произойдет дальше, что, если напряженность поля будет возрастать? Этим вопросом задались математики из Технического университета Джорджии во главе с Узи Ландманом, директором университета Центра вычислительного материаловедения. Они не стали переливать жидкости из пробирки в пробирку, а создали компьютерную модель. Для расчета была выбрана не вода, а формамид, дипольный момент молекул которого в два с лишним раза больше, а значит, эффект должен быть ярче выражен.



По мере роста напряженности поля капля повела себя сложным образом. До 0,5 В/нм она лишь слегка удлинялась. Затем внутри капли случился фазовый переход: ее длина очень быстро выросла, став в 12 раз больше ширины, а молекулы сориентировались вдоль поля, хотя и сохранили возможность движения. Дальнейшее увеличение поля, казалось бы, не сулит неожиданностей: капля опять понемногу удлинялась, а порядок в расположении молекул возрастал. Но по достижении значения 1,5 В/нм капля затвердела: диффузионное движение молекул прекратилось и в их расположении возник такой же порядок, как в кристалле. При снятии поля кристалл расплавился, но не сразу.

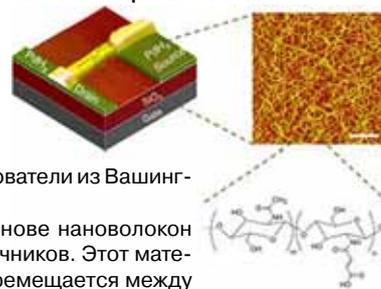
Эта работа станет основой для создания подобных жидкостям магнитным материалов, поведением которых можно управлять с помощью электрического поля.

Транзистор киборга

Передача сигналов с нервных волокон на электроды и обратно скоро станет реальностью.

Nature Communications, 2011, т. 2, статья № 476, doi: 10.1038/ncomms1489/

Чтобы создать полноценный контакт человека с компьютером, то есть обеспечить прямой обмен сигналами, нужно обеспечить совместимость носителей информации. А они несовместимы, поскольку у ЭВМ в микросхемах текут токи электронов, а у живых существ в нервных клетках — протонов. Очевидно, что перекодировать электрический ток в протонный можно с помощью протонного транзистора, управляемого полем электронного тока. Прототип такого транзистора и создали исследователи из Вашингтонского университета во главе с доцентом Марко Роланди.



Основная его деталь — протонный проводник. Его изготовили на основе нановолокон хитозана, который получают из панцирей крабов и других подобных источников. Этот материал легко насыщается водой, и по сетке водородных связей протон перемещается между электродами, выполненными из проникаемого для протонов гидрида палладия. А управляет движением протонов затворный электрод: в зависимости от поданного на него потенциала ток течет или не течет, соответствуя логическому нулю или единице. Так мы вплотную подошли к возможности создания киборга — живого существа, совмещенного с электрическим устройством.

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

Полимерный пьезоэлектрик

Пьезоэффект в полимере в десять раз больше, чем в лучшей керамике.

«Advanced Materials», 2011, т. 23, № 35, с. 4047

«Вместе с коллегами из Технического университета Аахена мы проводили фундаментальное исследование свойств полимеров, — рассказывает руководитель работы Фолкер Урбан из Окриджской национальной лаборатории Министерства энергетики США, — и поначалу не обратили внимания на то, что один из полимеров реагирует на электрическое поле. Но потом присмотрелись и обнаружили, что это настоящий пьезоэффект, причем огромный — в десять раз сильнее, чем у кристаллов или керамики. А ведь до сих пор считалось, что в неполярных полимерах такого эффекта не бывает».

Как показало подробное исследование, это был ди-сополимер, а именно поли(стирол-б-изопрен). В этом материале существует баланс между отталкиванием разных частей полимера и эластичностью каучука. Электрическое поле оказалось третьей силой, сдвигающей равновесие и обратимо изменяющей размер изделия, выполненного из этого материала. Обнаружение столь сильного эффекта в полимере открывает новые широкие перспективы в создании всевозможных электромеханических приводов, механических генераторов и накопителей электроэнергии.

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

Диатомовая фабрика

Диатомею можно научить синтезировать биоразлагаемый пластик.



«Microbial Cells Factories», 2011, 10:81 doi:10.1186/1475-2859-10-81

Полигидроксibuтират (ПГБ) — надежда всех людей, озабоченных катастрофическим ростом объемов пластикового мусора в окружающей среде. Этот пластик быстро разлагается, так что упаковка, сделанная из него, не будет накапливаться ни в воде, ни на земле. Буквально на наших глазах, всего за десять лет ПГБ резко подешевел и сейчас по цене уже сравним с полиэтиленом, а выпускают его тысячами тонн. Однако все равно считается, что он дорог, и микробиологи ищут все новые способы синтеза. Почему микробиологи? Потому что ответственное дело синтеза доверено бактериям, сырьем же служит сахар. Собственно, это сырье и повышает цену. А что, если попробовать растения, которые станут вести синтез буквально из воздуха (точнее, из углекислого газа)? Такие работы уже проходят. Рекорд принадлежит трансгенному арабидопсису — 40% ПГБ от сухого веса. Жаль, что он медленно растет и бесплоден. Табак, дающий всхожие семена, дотянул лишь до 18% сухого веса. У основного же изготовителя ПГБ — бактерии *Ralstonia eutropha* — он составляет 80% сухого веса.

Немецкие исследователи во главе с Уве Майером из марбургского Исследовательского центра синтетической микробиологии решили приспособить для синтеза трансгенную водоросль. Первые же опыты привели к успеху: диатомея *Phaeodactylum tricornutum* накапливала немало гранул ПГБ (на фото они показаны белым), которые составляли 10% от сухого веса всего спустя пять — семь дней после посева микроорганизмов в воду с добавками азотных удобрений. Согласно расчетам, за две недели водоросли могут дать столько же вещества, сколько табак за три месяца. Исследователи надеются, что изучение разных видов диатомей и совершенствование генных модификаций позволят выйти на гораздо большую производительность.

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

Дрожжи и каротин

Добавив в тесто трансгенные дрожжи, можно обогатить хлеб полезными веществами.

Агентство «NewsWise», 26 октября 2011 года.

Наша еда не всегда содержит оптимальное количество витаминов. Это можно исправить, причем не приемом таблеток, а с помощью такого распространенного блюда, как хлеб. Именно для этого группа студентов Университета Джона Хопкинса во главе с Арджуной Кхакхаром занялась трансгенными дрожжами в рамках проекта «VitaYeast». Его цель — насытить хлеб витамином А, чтобы бедные люди, которые не могут позволить себе разнообразное питание, все-таки получали необходимый набор питательных веществ.

Создать генетическую конструкцию, которая позволяла бы микрогрибку изготавливать витамин, было делом техники. Однако потом следовало убедиться, что хлеб, выпеченный с такими дрожжами, не будет ничем, кроме содержания витамина, отличаться от обычного. Для этого была куплена бытовая хлебопечка, и лаборатория превратилась в кухню. «Мы хотели все сделать так, как будет делать обычный человек, купивший наши дрожжи в магазине, — рассказывает участница работы Стеффи Лю. — И действительно, хлеб выглядел вполне аппетитно, и от него исходил прекрасный аромат, на который сбегались сотрудники из соседних лабораторий».

Попробовать хлеб с каротином на вкус никому пока не удалось — присутствие трансгенных организмов накладывает строгие ограничения, и до испытаний на биобезопасность его запрещено употреблять в пищу. Исследовательская группа готовится к таким испытаниям и продолжает работу — на сей раз внедряя в дрожжи ген для синтеза витамина С.





Brad Calkins | Dreamstime.com

Снова о диоксинах

Андрей Вакулка

Диоксины — проблема сравнительно новая. Об опасности, которую несут эти соединения, стало известно только во второй половине XX века. Произошла не одна масштабная авария, прежде чем стало понятно, что зло — в ароматических хлорсодержащих молекулах, которые часто бывают всего лишь побочной примесью к основному продукту. Сегодня больших аварий не происходит, поскольку у человечества уже есть некоторый опыт обращения с диоксинами. Тем не менее расслабляться рано.

От кока-колы к агенту «Оранж»

Точно не известно, когда впервые возникла «диоксиновая проблема». Но можно с уверенностью утверждать, что заметную роль в ней сыграла компания, основанная в начале XX века

Джоном Фрэнсисом Куини. Ее название, столь знаменитое в наши дни — «Монсанто», — девичья фамилия жены основателя. Сначала «Монсанто» поставляла сахарин компании «Кока-Кола», потом освоила производство кофеина, ванилина, аспирина, салициловой кислоты и резины. Сегодня эта компания — крупный производитель трансгенной продукции, гормонов роста для животноводства и удобрений. В 1930-х годах среди рабочих этой компании, непосредственно участвовавших в производстве полихлорбифенила (ПХБ) и трихлорфенола, широко распространилось заболевание под названием хлоракне. Это острое воспаление сальных желез, вызывающее сильнейшую угревую сыпь, было известно с 1899 года (возможно, оттуда и надо вести отсчет истории диоксинов), причем считали, что его вызывает хлор.

Заболевание тяжелое, хроническое, его симптомы могут беспокоить больного десятки лет. К середине XX века было зарегистрировано довольно много эпизодов хлоракне и на других химических заводах Европы и Америки («Рон-Пуленк», «Дау кемикал» и прочих), производящих гербицид трихлорфенол.

Причину массовых заболеваний среди рабочих установили только в 1957 году почти одновременно три группы исследователей. Опасными оказались примеси, образующиеся при производстве трихлорфенола и других сходных соединений, и самым ядовитым из них был ТХДД (2,3,7,8-тетрахлордibenзо-п-диоксин). Впрочем, тогда эти аварии не предавали гласности.

LD₅₀ для некоторых диоксинов и диоксиноподобных веществ

Соединение	LD ₅₀ , мг/кг			
	Морская свинка	Обезьяна	Мышь	Крыса
2,3,7,8-ТХДД	0,006–0,002	0,07	0,114–0,284	0,025–0,045
2,3,7,8-ПХДФ	0,005–0,01	1	6	1
2,4,5-Т	–	–	389	500
2,4-Д	От 150 до 1500			639



В 60-х годах «Монсанта» стала лидером по производству дефолианта «Агент Оранж» (дефолианты — вещества, вызывающие опадение листьев). Справедливости ради надо сказать, что его в больших количествах производили все химические гиганты. «Агент Оранж», или смесь 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4,5-Т), как и другие дефолианты и гербициды, использовавшиеся во время вьетнамской войны, получил красивое название по цвету тары, в которой его перевозили. Смесь производили по упрощенной схеме, поэтому она содержала примеси диоксинов. С 1962 по 1971 год, во время войны во Вьетнаме, американские войска распылили больше 70 миллионов литров «Агента Оранж» над лесами Вьетнама, Восточного Лаоса и Камбоджи, чтобы обнаружить в них повстанцев. Результат — многочисленные заболевания среди военнослужащих американской армии и мирного населения Вьетнама. Только во Вьетнаме, по данным вьетнамского Красного Креста, пострадало 3 миллиона человек, и из них миллион стали инвалидами (Министерство иностранных дел Вьетнама дает цифру почти вдвое больше). Здесь уже речь шла не только о хлоракне, но и о заболеваниях внутренних органов, злокачественных опухолях, о генетических мутациях и врожденных аномалиях, которые начали массово проявляться у новорожденных. Кстати, ни один из пострадавших вьетнамцев так и не получил компенсацию за вред здоровью (очередное требование было отклонено Федеральным кассационным судом США в 2008 году).

К середине 1970-х годов по всему миру накопилось много данных о подобных массовых отравлениях, вызывающих в том числе хлоракне. Это даже не всегда были аварии на химических предприятиях — в США, например, в техническое масло добавили хлорсодержащие органические соединения и побрызгали им пыль на ипподроме, а в Японии использовали для приготовления еды техническое масло с примесями диоксинов. Вероятно, последняя крупная авария такого рода произошла в итальянском городе Севезо в 1976 году. На заводе, производившем трихлорфенол, произошел выброс. Собственно диоксинов в нем, как примесей, было не так уж и много — согласно позднейшим подсчетам специалистов, не больше пяти килограмм, да и жителей эвакуировали достаточно быстро. И все равно не менее 500 человек сильно пострадали, кроме того, диоксинами были заражены близлежащие поселки, погибли тысячи домашних животных. С этого момента «диоксиновой проблеме» стали уделять самое пристальное внимание.

В СССР массовые отравления диоксинами тоже случались, но их не афишировали. Например, проявления диоксинового отравления были у рабочих ПО «Химпром» города Уфы, где производили 2,4-дихлорфеноксиуксусную и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусную кислоты, Чапаевского завода химических удобрений, Дзержинского ПО «Оргстекло», химкомбината в Новомосковске и многих других. Однако сегодня крупных аварий, подобных тем, которые случались в XX веке, уже не происходит. Причина в том, что теперь мы знаем о диоксинах больше, чем 50 лет назад.

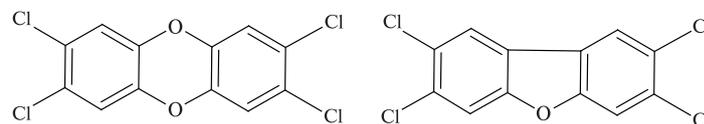
Анатомия диоксинов

Что такое диоксины? Это большая группа чрезвычайно ядовитых соединений. Они токсичнее цианистого калия и стрихнина

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

(LD₅₀ около 1 мг/кг). Диоксины опасны еще и тем, что это кумулятивные яды, то есть их маленькие дозы при длительном воздействии могут накапливаться в организме. А проникают они внутрь самыми разными путями: с воздухом, с пищей и водой, через кожу. В окружающей среде они не разлагаются 10—20 лет, долго сохраняются в почве и на дне водоемов. Потом они передаются по пищевым цепям, и их обнаруживают в растениях, молоке и мясе, рыбе.

Самый известный и опасный из диоксинов — упомянутый выше 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*p*-диоксин (2,3,7,8-ТХДД), который вызывает кожную реакцию уже в концентрациях 0,0003 мг/кг. (Ключевой критерий токсичности — четыре хлора в симметричных положениях.) Его, как очевидный супертоксикант, приняли за токсический эквивалент (ТЭ), то есть за единицу. Цифра токсичности любого другого диоксиноподобного вещества обозначает, сколько его надо взять, чтобы получилась токсичность как у эталона.



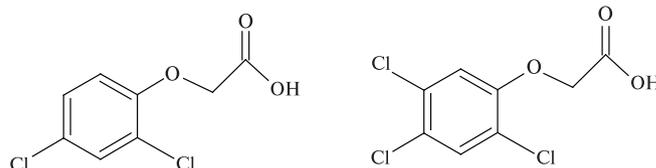
2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*p*-диоксин

2,3,7,8-тетрахлордibenзофуран

Его ближайший ядовитый аналог — 2,3,7,8-тетрахлордibenзофуран (2,3,7,8-ПХДФ).

Оба эти соединения дают начало обширному ряду диоксинов. Образуется ТХДД довольно легко. При производстве фунгицида и гербицида 2,4,6-трихлорфенола ТХДД — это примесь, концентрация которой зависит от температуры. Чем больше температура в реакторе, тем больше будет ТХДД в продукте.

Хлорпроизводные феноксиуксусных кислот — к примеру, 2,4-Д и 2,4,5-Т, которые производили в Уфе и которые входили в состав «Агента Оранж», — сами по себе вроде бы не супертоксиканты. Однако, как и в случае с трихлорфенолом, при получении 2,4,5-Т в качестве побочного продукта образуется ТХДД.



2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота

2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота

Диоксинов очень много, поскольку помимо хлорпроизводных существуют еще и другие галогенированные дibenзопарадиоксины и дibenзофураны (бромпроизводные и смешанные соединения). К тому же если атом кислорода в молекуле диоксина заменить на серу, то эти соединения также будут весьма ядовиты. Изомеров и гомологов дibenзопарадиоксина и дibenзофурана тысячи, исследовать их все не так-то просто. На сегодня ученые из всего многообразия диоксинов отобрали 210 наиболее опасных соединений, за которыми следят особо тщательно.

Диоксины против живых организмов

Биологическое действие диоксинов изучено неплохо. Вообще, диоксины — это кристаллические соединения, очень плохо растворимые в воде, но очень хорошо в жирах. Поэтому, попав в организм, диоксины концентрируются прежде всего в жировой ткани. Наиболее успешно противостоят отравлению низкоорганизованные живые существа. Теплокровные организмы по-разному подвержены воздействию диоксинов: к примеру, период полувыведения ТХДД из организма крысы — 30 дней, у обезьяны около полутора лет, а у человека — около 30 лет.

В очень малых дозах (в концентрациях микрограммы на килограмм) они действуют не сразу — могут пройти недели и даже месяцы. Каждый организм реагирует на попадание диоксинов по-своему. Общим характерным проявлением считают хлоракне, хотя описаны случаи, когда при сильнейшем отравлении кожных проявлений не было. При больших дозах поражаются внутренние органы: печень, желудочно-кишечный тракт. Основной результат действия диоксинов — падение иммунитета. По силе этого воздействия они сравнимы с ВИЧ, их даже называют «химический СПИД». Но причин падения иммунитета может быть очень много, и совершенно не обязательно, что это действие диоксинов. Именно поэтому отравление диоксинами, особенно на ранних стадиях, так сложно диагностировать.

При высоких концентрациях диоксины и диоксиноподобные вещества обладают канцерогенной активностью. После вьетнамской войны и большого количества аварий доказательств этому набралось достаточно. А вот для низких концентраций надежных данных очень мало. Например, у приматов, которые употребляли пищу, зараженную небольшими дозами ТХДД, наблюдали резкое снижение иммунитета, но не отметили всплеска злокачественных образований.

После войны во Вьетнаме выяснилось, что эти вещества вызывают мутации в геноме и нарушают развитие эмбрионов. По данным вьетнамского Красного Креста, более 150 000 детей, родившихся после войны во Вьетнаме, имеют врожденные дефекты, но вьетнамское Министерство иностранных дел утверждает, что их как минимум в три раза больше. Как же одно вещество может произвести столько разрушений?

Диоксиноподобные вещества имеют очень высокое сродство к так называемому Ah-рецептору (от англ. arylhydrocarbon receptor), который в литературе зачастую так и называют: «диоксиновый рецептор». Особенно стойкие соединения с ним образуют диоксины, у которых галогены находятся в положениях 2, 3, 7 и 8. Считается, что комплекс диоксинов с Ah-рецептором проникает в ядро и там вмешивается в регуляцию активности генов. С этим связывают и падение иммунитета, и нарушения эмбрионального развития, и онкогенные эффекты. Параллельно под действием диоксинов протекают и другие процессы: разрушаются низкомолекулярные гормоны, витамины, метаболиты и активируются предшественники мутагенов, канцерогенов, нейротоксических ядов.

Источники угрозы

Основные «поставщики» диоксинов в окружающую среду — химические и металлургические производства, производство бумаги, сжигание мусора, нефтепереработка, выхлопы автомобилей, а также хлорирование питьевой воды, отбеливание и дезинфекция с помощью хлора.

В принципе диоксины образуются почти во всех промышленных производствах, причем не только химических (*подробнее см. следующую статью*). Добыча и переработка топлива (сжигание попутных газов при добыче нефти, горение отвалов угля), производство чугуна, стали и цветных металлов, теплоэнергетика (сжигание угля, мазута и природного газа), производство строительных материалов (цемента, извести, кирпича и стекла) — все эти производства вносят свой вклад, выбрасывая в воздух диоксины с разными токсическими эквивалентами.

При чем тут бумага? Традиционно целлюлозу отбеливали с помощью элементарного хлора. При его взаимодействии с лигнином и другими составляющими древесной массы образуются хлорпроизводные, в том числе и диоксины. Масштабы в целлюлозно-бумажной промышленности внушительные. В 1993 году в мире было произведено 50 миллионов тонн белой целлюлозы, и при этом образовалось 250 тысяч тонн хлорсодержащих отходов. В 1990-х годах страны Европы стали переходить на отбеливание по другим технологиям, и в 2005 году лишь 19—20% производимой в Европе бумаги отбеливали хлором. Впрочем, в странах третьего мира и бывшего Советского Союза картина иная.

Вклад от автомобильных выхлопов и бытового применения хлорсодержащих соединений, скорее всего, не может сравниться по масштабам с «промышленными поставщиками». Но все же и его надо иметь в виду. Например, для отбеливания и дезинфекции часто используют хлорную известь (проще говоря, хлорку) и жидкий бытовой отбеливатель (этот раствор содержит гипохлорит натрия NaClO, хлорид натрия NaCl, гидроксид натрия NaOH и небольшое количество свободного хлора Cl₂). При контакте богатого активным хлором отбеливателя с органическими соединениями (пластиком бутылки) может образовываться хлорсодержащая органика, в том числе, возможно, и диоксины. Однозначных данных по этому вопросу нет, ведь обнаружение диоксинов — это всегда сложная и серьезная задача. Нужно определять ничтожные количества опасных соединений (10⁻⁸—10⁻¹⁰ г/л или кг) в смеси с очень похожими веществами, но присутствующими в нормальных концентрациях. Чтобы вообще избежать этой проблемы, сегодня для отбеливания стараются использовать перекисные соединения.

О том, что при хлорировании питьевой воды могут образовываться диоксины, писали довольно много. В воде всегда есть какое-то количество природной органики (гуминовых кислот и фульвокислот), которые и могут служить основой для образования диоксиноподобных веществ. Есть данные, что молекулярный хлор действительно вступает в реакции с присутствующей в воде органикой. Впрочем, концентрация этих природных органических веществ настолько ничтожна (плюс в хлорпроизводные из них переходят не все, а из перешедших — необязательно все будут диоксинами), что при изначально хорошем качестве воды и должном контроле вряд ли стоит опасаться питьевой воды. Если же вода с самого начала сильно загрязнена фенолом (в промышленных районах это бывает довольно часто), то в ней может оказаться большее количество хлорорганических производных, чем хотелось бы. Этого можно избежать, если воду не хлорировать, а озонировать, что и делают в некоторых странах Северной Европы.

О печах для сжигания мусора надо сказать отдельно, поскольку многие считают их настоящими реакторами по производству диоксинов. Первую такую печь построили в Великобритании в 1876 году, так что этому способу борьбы с отходами более ста лет. Понятно, что в конце XIX века состав мусора был совсем другой и опасной в нем была, наверное, только хлорсодержащая бумага.

В 1977—1978 годах, когда начали активно искать и исследовать диоксины, обнаружили, что они содержатся в летучей золе мусоросжигательных заводов. Что неудивительно: хлор и органика сегодня присутствуют практически во всех компонентах мусора. Особенно много его в бумаге и пластмассах. Если сжигать мусор при температуре 700—800°C, создаются прекрасные условия для образования диоксинов. Печь со средней производительностью 50—200 тысяч тонн в год дает 1—100 г диоксинов ежегодно.

Однако если сжигать мусор при температуре 1200°C, диоксины разлагаются за одну секунду. Этот процесс, конечно, более энергоемок, но на современных заводах именно так и делают — сжигают при 1000°C, а потом дожигают при еще более высокой температуре. Кроме того, на выходе из трубы,

где могут образовываться вторичные диоксины, при необходимости ставят улавливающий фильтр.

Еще 20—30 лет назад люди не хотели жить рядом с мусоросжигательными заводами, и статистика заболеваний вокруг них была довольно грустная, но с середины 1990-х годов во многих странах были приняты специальные «диоксиновые» программы, которые, в частности, включали современные технологии сжигания, после чего ситуация заметно улучшилась. В Европе и США, похоже, мусоросжигательную проблему решили.

Поскольку источников диоксинов много, то можно говорить только о комплексе средств, методик и мероприятий. Основное — не допустить загрязнения, для чего нужны современные технологии, не предполагающие образования токсикантов и подразумевающие правильную утилизацию отходов. Также очень важно постоянно контролировать содержание диоксинов в окружающей среде, и этим должны заниматься специальные лаборатории.

В 2001 году по инициативе ООН была принята Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (сокращенно СОЗ, или POP — persistent organic pollutants), которая вступила в силу в 2004 году. Страны, которые подписали конвенцию, взяли на себя обязательства запретить производство и не использовать (за исключением некоторых оговорок) девять химических веществ из списка СОЗ. Кроме того, ограничить использование ДДТ для контроля малярии и разработать программы по пресечению ненамеренного образования диоксинов и фуранов.

В список «девятой» изначально входили, в частности, полихлорированные дифенилы, гексахлорбензол, полихлордифенилдиоксины (ПХДД), полихлордифенилдифураны (ПХДФ), а также многие пестициды и гербициды. Этот список в 2009 году был дополнен девятью другими органическими соединениями и, видимо, будет еще расширяться. К 2009 году конвенцию подписали 170 стран, и 151 ее ратифицировала (что предполагает еще более жесткую борьбу с СОЗ). Россия ратифицировала Стокгольмскую конвенцию о стойких органических загрязнителях 27 июня 2011 года. Многие предприятия в России уже закрыли после подписания ею конвенции в 2001 году, однако ратификация означает, что многое еще будет сделано.

Очистка уже загрязненных диоксином территорий — непростая задача, но при серьезных авариях или остановке опасных производств ее приходится решать. Это целый комплекс мероприятий: удаляют загрязненный почвенный покров, по возможности обрабатывают его термически или с помощью сильных окислителей и только потом захоранивают. Загрязненную воду очищают сильными адсорбентами — активированным углем, гидроксидом алюминия или специально подготовленной глиной, используют также озонирование или химическую коагуляцию. С оборудованием, на котором производили опасные вещества, еще сложнее, поскольку очистка поверхностей от диоксинов — самая трудная задача. Есть данные, что довольно эффективной может быть обработка поверхности ультрафиолетовым излучением с плотностью потока 4600 мкВт/см². Применяется также обработка поверхности окислителями или простое механическое удаление поверхностного слоя. Если все это невозможно, то оборудование складывают в специально отведенном месте.

Диоксины — это глобальная проблема, сопутствующая техническому прогрессу. Познакомившись с этими веществами, человечество уже сделало первые серьезные выводы. Остается надеяться, что эти выводы верны.



ИНТЕРВЬЮ

Диоксины в России

Двадцать лет назад у нас в журнале была опубликована серия статей Л.А. Федорова о плачевной ситуации с диоксидами в нашей стране («Химия и жизнь», 1990, № 11; 1991, № 7; 1992, № 2 и 1993, № 1). Тогда в России только начали о них говорить — первая публикация вышла в 1985 году. Как изменилась ситуация за это время? Соответствует ли уровень выброса диоксинов в России мировым стандартам? С этими вопросами мы обратились к генеральному директору ООО «Научно-исследовательский инженерный центр «Синтез», доктору химических наук Юрию Анисимовичу Трегеру, который много лет проводит экспертизу производств, выпускающих стойкие органические соединения.

Юрий Анисимович, опять создается впечатление, что все зло от химии...

Прежде всего: расхожее утверждение, что в любом химическом производстве, где участвует хлор, образуются диоксины, совершенно неверно. Сегодня, в 2011 году, с уверенностью можно сказать, что вклад именно химической промышленности в диоксиновую проблему ничтожно мал. В 2007 году мы провели специальное исследование — оценили, каковы источники выбросов диоксинов в России (см. круговую диаграмму). Оказалось, что вклад химии — всего 0,02%, поэтому химических производств даже нет на диаграмме. Основные источники — это горящие полигоны твердых бытовых отходов, черная металлургия, энергетика и прочее.

Еще пару десятков лет назад, безусловно, очень «грязными» в этом плане были производства в Чапаевске, Уфе, Дзержинске, Новомосковске и некоторые другие. На многих синтезировали полихлорбифенилы (их использовали как диэлектрическую и охлаждающую жидкость в силовых трансформаторах и конденсаторах) и разные хлорсодержащие гербициды. Но в последние 20 лет практически все производства опасных хлорорганических соединений закрыли. Этому способствовало подписание нашей страной Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (СОЗ). Многие вредные производства закрыли и до подписания конвенции, в том числе и в связи с общим упадком промышленности в 1990-х годах. Но сейчас предстоит новый этап, поскольку в этом году наша страна ратифицировала конвенцию. Это означает, что теперь должны быть уничтожены те токсичные продукты, которые были произведены до закрытия предприятий. Например, ПХБ до сих пор присутствует в трансформаторах и конденсаторах — их нужно ликвидировать экологически чистым способом, а оборудование обезвредить. Также пестициды (там, где они



остались) нужно собрать, уничтожить, а территорию очистить. Ратификация предполагает создание Национального плана выполнения Стокгольмской конвенции, в котором будет прописано, на какие средства, когда и какие мероприятия будут реализованы.

Если посмотреть динамику за последние 20 лет, то к 2000 году выбросы диоксинов в России резко упали, а в последние десять лет промышленность оживилась и выбросы опять выросли. (Хотя, конечно, они существенно меньше, чем в 1990 году.) Например, чего стоит один факел сжигания попутных газов при нефтедобыче в Ямало-Ненецком округе! Добыча там резко увеличилась, и нефть плохая — с высоким содержанием серы (хлора также хватает).

В 2008 году мы с моим коллегой В.Н.Розановым в рамках специального исследования подсчитали, сколько всего в год в Российской Федерации выбрасывается диоксинов (всех опасных диоксинов, приведенных к токсическому эквиваленту). Оказалось, что около 1,8 кг (см. журнал «Экология и промышленность России», 2011, № 2). Много это или мало? Это цифра, реально соответствующая нынешнему промышленному развитию нашей страны. Например, если при той же нефтедобыче попутный газ улавливали бы и перерабатывали (технологии эти уже есть), то и топлива было бы больше, и окружающая среда чище.

Интересно в этом плане посмотреть динамику в других странах (см. табл.). В США в 1987 году выбросы составляли 12 килограмм в год, потом они провели ряд мероприятий, и к 1995 году выброс уменьшился в четыре раза. Более того, в середине 1990-х годов США приняли «диоксиновую программу», и сейчас у них выброс еще сократился. В Канаде в принципе промышленности меньше, но в этой стране еще и следят за экологической обстановкой — что наглядно отражается на цифрах. Можно спросить: а что же в высокоразвитой Японии так плохо с диоксинами? Они долго не занимались этой проблемой, однако не так давно тоже приняли «диоксиновую программу», и поэтому сейчас эта величина уже уменьшилась на порядок. Поэтому мы по выбросам диоксинов ровно там, где должны быть по уровню развития промышленности и технологий. Это же зависит напрямую от оборудования и технологий, где они старые — производства грязнее.

А как у нас обстоит дело с целлюлозно-бумажными производствами?

Наши целлюлозно-бумажные производства понемногу переходят с активного хлора на ClO_2 , который в основном используют в Европе и США. Оксид хлора несравнимо безопаснее с точки зрения образования диоксинов. Но те предприятия, которые еще используют технологию с хлором, действительно опасны. Тем более что они производят много отходов, которые сжигают также по совершенно неподходящей технологии — при этом происходит вторичное образование диоксинов.

Вы бы не хотели жить рядом с мусоросжигательным заводом?

Смотря с каким. Сжигание мусора, конечно, большая проблема. По стандарту (который, кстати, указан в Стокгольмской конвенции) оно должно происходить при температуре не менее $1200^{\circ}C$, чтобы избежать вторичного образования диоксинов. На современных заводах эти условия соблюдаются, их камеры дожигания работают при $1200^{\circ}C$ и выше. Так на Западе устроены все заводы для сжигания бытового мусора, а тем более для сжигания промышленных или опасных отходов. Я был в Германии на таком заводе. Он стоит в 200 метрах от мэрии города — чистый воздух, тотальный контроль за диоксинами и никакого вонючего дыма. Более того, на современных заводах нередко предусмотрено использование тепла мусоросжигательного завода в коммунальном хозяйстве. Единственная проблема — зола, которая, конечно, содержит какое-то количество



Вклад различных источников в общие выбросы диоксинов в РФ в 2007 году

диоксинов. На некоторых заводах предусмотрено стеклование золы. Выходящий шлак стеклуют при еще более высокой температуре, и тогда то, что получается, можно использовать дальше — например, в строительстве (это допускают даже строгие европейские стандарты). Если шлак не стеклуют, то золу надо захоранивать либо вывозить на полигоны.

У нас ситуация совершенно другая. Все печи старые, ни одна из них не соответствует мировым стандартам, все сжигают при температуре $700-800^{\circ}C$ и утверждают, что с диоксинами у них проблем нет. Была одна хорошая новая английская печь для сжигания промышленных отходов — в Уфе, там, где производили 2,4-Д и 2,4,5-Т, но ее уничтожили, как только «Химпром» прекратил свое существование. Закрыли производство правильно, поскольку эти продукты запрещены к применению, но заодно уничтожили и установку для сжигания, которая вполне могла бы еще послужить, поскольку соответствовала всем строгим нормам и не давала никаких дополнительных загрязнений.

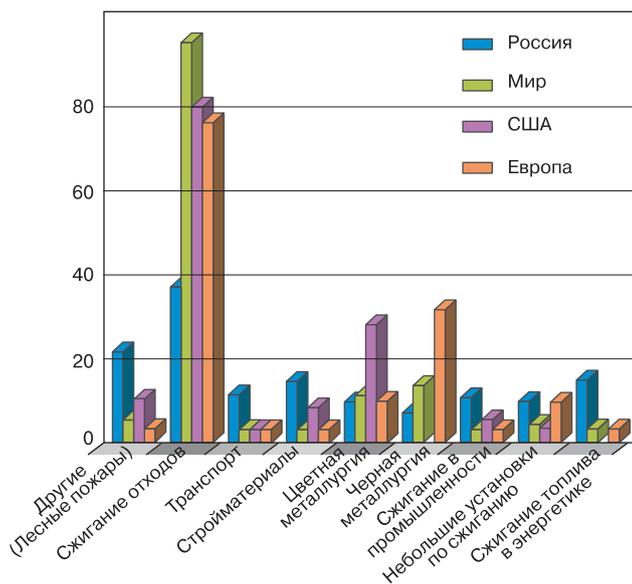
В России сегодня есть единственная маленькая печка, которая соответствует нормам, — она находится под Орехово-Зуевом (принадлежит НПО «Техэнергохимпром»), и в ней сжигают медицинские отходы Московской области. О неконтролируемых горящих свалках я даже не говорю.

Следит ли кто-то в России постоянно за концентрацией диоксинов в окружающей среде и в выбросах?

К сожалению, можно считать, что систематического мониторинга у нас нет. По простой причине: не хватает денег, чтобы его осуществлять. В России есть четыре лаборатории, сертифицированные по международным стандартам, данные которых не

Выбросы диоксинов в воздух в год (в г ТЭ)

Хорватия	95,5		
Финляндия	98,3–198		
Германия	334		
Норвегия	9,15		
Швеция	23,3		
Япония	5 300		
Канада	1990 г.	1997 г.	1999 г.
	353	290	199
США	1987 г.	1995 г.	
	12 000	2 745	
Россия (оценка)	650–800		



Вклад различных источников в суммарные выбросы диоксинов в разных странах, в %

подвергаются сомнению. Две лаборатории в Москве, одна в Обнинске и одна в Уфе. Стоимость одного полного анализа — 600—800 долларов, что понятно, поскольку нужны специальное оборудование и методики, а один анализ — это ответ по всем 210 диоксиноподобным веществам. Естественно, найти деньги на массовую проверку невозможно.

Тем не менее анализы на диоксины делают в рамках отдельных программ и проектов, на которые выделяют деньги. Например, десять лет назад по такому проекту мы отбирали пробы и анализировали количество диоксинов в Архангельске, Мурманске и Коми. Также анализы делают, когда какому-то производству надо получить бумажку, что их технология соответствует мировым стандартам. Но обязательного и системного анализа на диоксины у нас не делают. Кстати, насколько я знаю, утвержденных ПДК на содержание диоксинов в выбросах в России тоже нет. Все придерживаются цифры $0,1 \text{ нг/м}^3$ (10^{-10} г), поскольку именно она записана в Стокгольмской конвенции.

Избавится ли человечество когда-нибудь от этих им же созданных соединений?

Не надо думать, что диоксины — это исключительно рукотворные соединения. Они образуются в природе, и в большом количестве. Например, горение тайги, вулканы. В выбросах из вулканов такое количество диоксинов, которое не приснится ни одному целлюлозно-бумажному комбинату и тем более химической промышленности. Около пяти лет назад английские ученые опубликовали статью, в которой описали исследование золы из бытовой печи XIV или XV века. Там нашли диоксины! Это значит, что они образовывались в печах испокон веков и в таких количествах, что даже сохранились до наших дней. Кстати, отсюда следует, что диоксины не разлагаются за десять лет, как часто пишут, — это только их период полураспада, за который от исходного количества остается половина. Поэтому категорические призывы к «полному исключению диоксинов из биологических циклов» хороши, но вряд ли реализуемы. Даже если закрыть все производства в мире, диоксины все равно присутствовали и будут присутствовать в окружающей среде. Главное — целенаправленно не увеличивать их количество.

Что, по вашему мнению, надо сделать, чтобы улучшить ситуацию в России?

За последние десять лет промышленность начала восстанавливаться, но проблема в том, что вся она работает на старых

технологиях и оборудовании. Поэтому с 2001 года выбросы диоксинов выросли в два раза.

У проблемы есть несколько аспектов. Есть производства, в том числе хлорорганические, которые действительно ведут к образованию диоксинов. Причем напрямую, в одну химическую стадию. Например, производства гексахлорбензола, гексахлорана, 2,4-Д, 2,4,5-Т, полихлорбифенилов и т. д. От них надо избавляться, и Россия это в основном уже сделала. Кроме того, эти вещества сами по себе очень токсичны (лично я, как технолог с большим опытом, убежден, что хлоракне вызывает не диоксин или не только он, а сам гексахлорбензол или гексахлоран).

Другой аспект — что делать с остальными производствами. Есть очень наглядный график (см. рис), из которого видно, что именно вносит наибольший вклад в выбросы диоксинов. Высокий пик в цветной металлургии — это старые технологии, оборудование, которые надо обязательно приводить в порядок. Автомобильный транспорт дает большой пик — надо использовать хорошее топливо, а не идти на поводу у нефтяников и не переносить, как сейчас сделали, срок перехода на Евро-4. Здесь даже нет никаких технологий и ноу-хау — нужно просто поставить лишнюю ректификационную колонну, и получим хороший бензин. И тут же столбик выбросов опустится хотя бы до уровня США и Европы. Надо приводить в порядок и нефтяную промышленность — например, внедрять утилизацию попутного газа.

Более половины диоксинов образуется при сжигании, в том числе и при сжигании отходов. Значит, все установки сжигания (и бытовые, и промышленные) должны быть построены по современной технологии. Жалко, что предыдущее московское правительство пошло на поводу у общественности и отменило строительство современных мусоросжигательных заводов в Москве. Мы погрязнем в мусоре, и он будет продолжать гореть на неконтролируемых свалках.

В общем, решение очевидно. Надо приводить в порядок все «грязные» отрасли, и экологическая ситуация у нас будет, как в Канаде.

Что еще почитать о диоксинах

Б.Н.Филатов, А.Е.Данилина, Г.М.Михайлов, М.Ф.Киселев. Диоксин: Медико-экологические аспекты (Тревоги сегодня, трагедия завтра). М., Изд-во 2-й типографии ФУ «Медбиоэкстрем» Минздрава РФ, 1997.

Н.А.Клюев, Б.А.Курляндский, Б.А.Ревич, Б.Н.Филатов. Диоксины в России. М.: 2001.

А.В.Фокин, А.Ф.Коломиец. Диоксин — проблема научная или социальная? «Природа», 1985, № 3.

А.Ф.Коломиец. Полихлорполициклические ксенобиотики. «Успехи химии», 1991, № 3.

Лунные новости

Спутники планет Солнечной системы обликом и нравом ничуть не схожи. Наблюдение за ними, их изучение дают все новую пищу для размышлений. В начале октября в Нанте (Франция) состоялся Европейский конгресс планетарных наук, в работе которого приняли участие также специалисты по планетарным наукам Американского астрономического общества. Ученые представили результаты исследований, в том числе «лунных»

Сотрудники университета штата Аризона Марк Робинсон и Бретт Деневи проанализировали данные, полученные с помощью широкоугольной камеры, которая установлена на аппарате «Lunar Reconnaissance Orbiter». Он был выведен на низкую лунную орбиту в 2009 году. Камера создает портрет спутника Земли, используя семь длин волн, с разрешением 100—400 метров на пиксель. Известно, что минералы отражают или поглощают излучение только строго определенного участка электромагнитного спектра. В результате по зафиксированным волнам разной длины можно судить о химическом составе лунной поверхности.

Невооруженный взгляд на Луну обнаруживает не слишком многоцветную картину — так, какие-то серые тени. Другое дело специальная аппаратура: поверхность видится местами красноватой, а где-то — синей. Этими цветами Луна рассказывает о своей эволюции и химическом составе, например о том, что здесь в изобилии титан и железо.

Впервые Робинсон заинтересовался «залежами» титана на Луне, когда там совершил посадку «Аполлон-17» и были взяты образцы грунта. Сравнив содержание в них титана с данными космического телескопа Хаббла, он и его коллеги пришли к выводу, что концентрация этого металла соответствовала соотношению между ультрафиолетовым и видимым светом, отраженным от лунной поверхности. Оставалось проверить, справедливо ли это только для небольшого участка вблизи места посадки космического аппарата, или речь идет об общей закономерности.

Ученые использовали 4000 изображений, выполненных камерой «Lunar Reconnaissance Orbiter» в течение месяца, применив к ним уже опробованную технологию. Если полученная карта отражает истинное положение дел, то содержание титана в породах, аналогичным земным, колеблется от одного до десяти процентов. На Земле его содержание не превышает процента. Почему им так богат наш спутник — пока неясно. Возможно, это результат процессов, происходивших в глубинах Луны вскоре после ее образования.

Большая часть лунного титана содержится в минерале ильмените, в нем также присутствуют железо и кислород. Быть



может, первые переселенцы смогут расщеплять минерал для получения этих элементов. Кроме того, богатые титаном минералы прекрасно улавливают частицы солнечного ветра, в частности гелий и водород, также необходимые для выживания колонистов.

Благодаря новым изображениям прояснилась ситуация с воздействием «космической погоды» на структуру поверхности Луны. Она подвергается воздействию не только частиц солнечного ветра, но и бомбардировкам высокоскоростных микрометеоритов. В результате камни размалываются в порошок, меняется химический состав поверхности и, следовательно, ее цветной портрет. «Свежеобработанные» камни голубее, их отражательная способность выше. «Старики», краснея, постепенно уходят в небытие.

Интересно, что самые свежие новости об этих изменениях приносит ультрафиолет, видимый и инфракрасный свет не столь расторопны.

«**Ф**изиономию» спутника Сатурна Энцелада мы знаем лишь благодаря изображениям, полученным космическими аппаратами. Эта луна знаменита своими ледяными фонтанами. Из-за них значительные области небесного тела покрыты голубоватым ледяным покровом — вполне подходящим для катания на лыжах, уверены доктор Пауль Шенк и его коллеги из Лунного и планетарного института (Хьюстон, штат Техас, США). Он работает с данными, полученными с помощью аппарата «Кассини», которые позволили создать цветовую карту поверхности спутника с высоким разрешением. «Кассини» был выведен на орбиту Сатурна в июле 2004 года. Подтвердилось предположение, что области падения ледяных частичек, вырывающихся из глубин Энцелада, на его поверхность вполне предсказуемы.

В 2010 году сотрудник Института ядерной физики Общества Макса Планка доктор Саша Кемпф и ученые из Потсдамского университета под руководством Юргена Шмидта опубликовали результаты моделирования траекторий «перьев» (это те же ледяные фонтаны, выбрасывающие ледяные частички), учитывая влияние притяжения Сатурна. Авторы предположили, что падающие частички накапливаются главным образом вдоль двух параллелей на противоположных сторонах луны. Карта, составленная американскими специалистами, согласуется с результатами моделирования. На ней видны скопления ледяных частиц вдоль именно этих двух параллелей.

Шенк и его коллеги попытались с помощью изображений «Кассини» проследить процесс накопления «снега». На од-



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК

ном из них воспроизведена область севернее образования одного из «перьев». Это достаточно гладкая волнообразная поверхность с разломами и кратерами, подобными земным каньонам. Самый большой из них — 500 метров глубиной и 1,5 километра шириной. Его склоны не гладкие, на них видны «сугробы» из ледяных частиц, толщиной в среднем около 100 метров.

Впрочем, накопление ледяного покрова происходит чрезвычайно медленно по земным меркам — менее тысячной доли миллиметра в год. Так что на эти 100 метров понадобился не один десяток миллионов лет. Это означает, что горячий источник, питающий «перья», — такой же долгожитель.

Что до самих ледяных частичек, то они чрезвычайно малы, по-настоящему микроскопические. Снежная пудра получается нежнее талька. О таком покрытии лыжники могут только мечтать, полагает Шенк.

Сатурн богат лунами. Еще один знаменитый его спутник — Титан. Сотрудники Нантского университета и их коллеги из разных стран проанализировали изображения, полученные аппаратом «Кассини», и попытались составить его цветовую карту. Дело это непростое, поскольку «Кассини» кружит вокруг Сатурна и Титан оказывается у него на виду в среднем раз в месяц. За время работы аппарат приближался к нему 78 раз, к 2017 году подойдет еще 48 раз. Условия для съемки не всегда оказываются благоприятными — то облака метана и этана мешают, то дымка. Да и сама непрозрачная атмосфера, состоящая преимущественно из азота, не способствует наблюдениям. Преодолеть этот заслон могут лишь определенные длины волн инфракрасного диапазона. Так, год за годом накапливались изображения, которые и попытались связать воедино ученые.

Изображения в инфракрасном диапазоне подтвердили, в частности, существование озер в северном полушарии Титана, заполненных, вероятно, жидким этаном.

Специалисты из NASA рассказали о первых результатах миссии «Dawn». В середине июля этого года аппарат был выведен на орбиту Весты — одного из крупнейших астероидов и начал передавать изображения, возможно, самой старой планетарной поверхности Солнечной системы. На ней видны давние разливы базальтовой лавы и многочисленные кратеры. Их больше в северном полушарии, но в южном они

моложе, «всего» один-два миллиарда лет, и, скорее всего, это «недавнее» столкновение с каким-то небесным телом стерло следы старых кратеров. Кратеры северного полушария постарше, им около четырех миллиардов лет, и это удивляет, поскольку метеориты с Весты несколько старше. Она, судя по всему, одета в толстую железную броню.

Обнаружены и следы тектонической деятельности — синклинали (складки слоев горных пород, обращенные выпуклостью вниз), холмы, утесы, горные хребты и гигантская горная вершина, сопоставимая с самой высокой в Солнечной системе — марсианским вулканом Олимп.

Начав работу в июле, «Dawn» постепенно перешел на околополярную орбиту, в августе облетел Весту на высоте 2700 км, выполнив съемку всей ее солнечной стороны с помощью инфракрасного спектрометра и специальной камеры, оснащенной семью цветными фильтрами для сбора спектральной информации. Ее создали немецкие специалисты из Института исследований Солнечной системы Общества Макса Планка, Технического университета в Брауншвейге Германского аэрокосмического агентства. Завершив эту фазу, ученые вновь изменили орбиту, и в начале сентября аппарат опустился до 680 км, чтобы продолжить «фотографировать» ту же сторону с разрешением 60 метров.

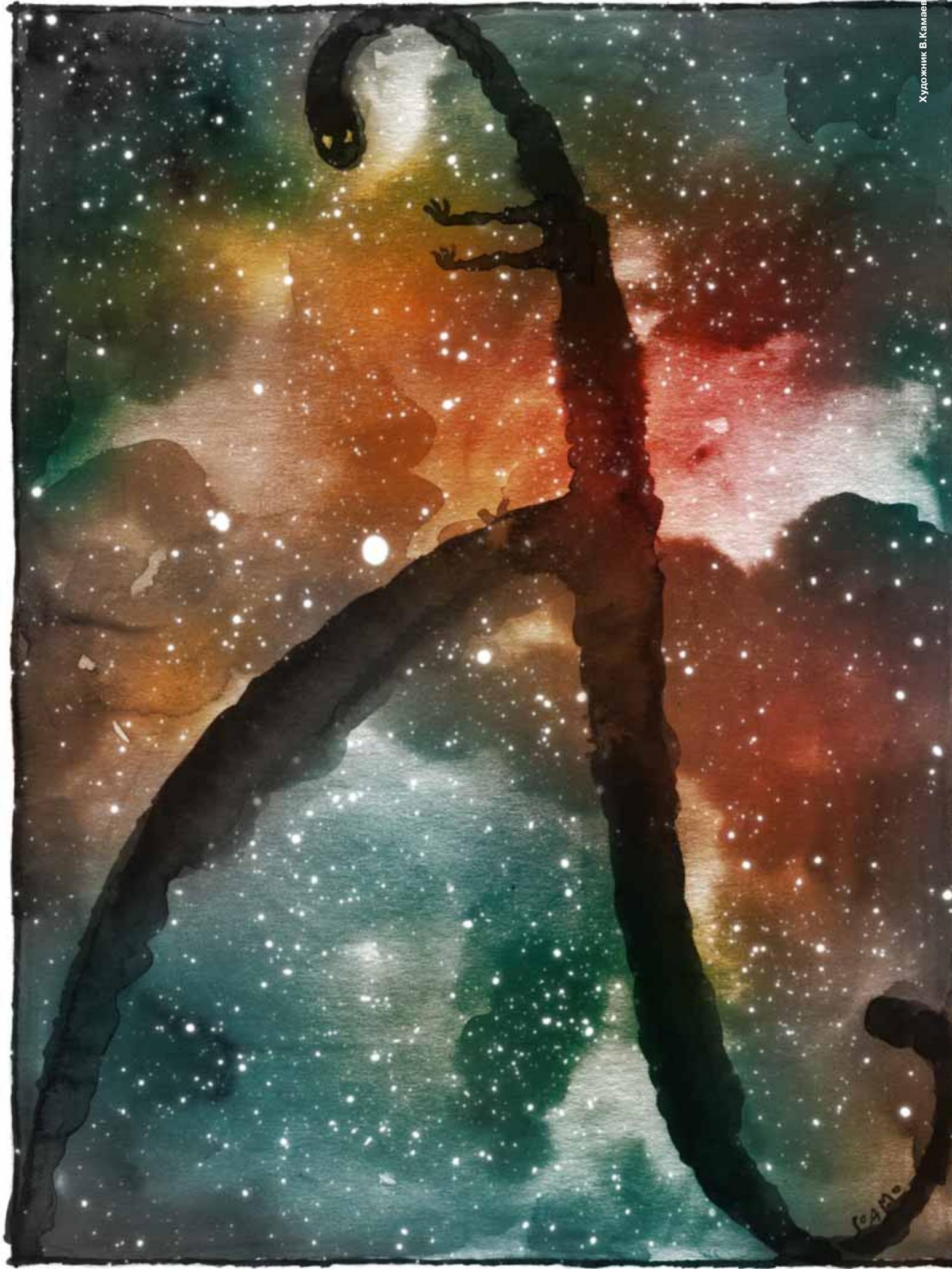
Исследователи обновили координатную систему небесного тела, основанную на данных телескопических наблюдений с низким разрешением. Она оказалась сдвинутой почти на 10 градусов.

Цветовая карта Весты демонстрирует удивительное разнообразие, свидетельствующее о присутствии многочисленных материалов. Оно особенно ярко выражено по краям кратеров. Вероятно, при их формировании на поверхности оказалось то, что было скрыто в недрах. Один из таких кратеров диаметром 40 км расположен вблизи экватора. Его южная оконечность покрыта великолепным красным одеялом.

Температура на поверхности Весты колеблется от 240 до 270 градусов Кельвина.

Новая порция данных будет собрана к началу ноября. Результаты их обработки появятся немного позже.

Подготовила
Е. Сутоцкая



scorpio

Тьма, движущая мир

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

Лауреатами Нобелевской премии по физике в 2011 году стали исследователи, возглавлявшие две группы по изучению сверхновых в дальнем космосе, — Сол Перлмуттер из Лоуренсовской национальной лаборатории в Беркли и Брайен Шмидт, работавший тогда в Австралийском национальном университете, а также Адам Рейс, который внес важный вклад в расчет расстояний до этих сверхновых. Их работа подтвердила идеи теоретиков, что Вселенная может расширяться с ускорением.

Рождение лямбда-члена

Еще сто лет назад люди и не подозревали о том, что Вселенная может расширяться. Один из первых намеков на это обстоятельство появился после создания Альбертом Эйнштейном общей теории относительности. Напомним, что ее характерная черта — рассмотрение тяготения с геометрической точки зрения, то есть как следствия деформации пространства-времени вблизи тела, обладающего массой. Решение соответствующих уравнений, полученное Эйнштейном в 1917 году, показалось ему некрасивым, поскольку предполагало, что Вселенная нестационарна и под действием тяготения должна испытывать сжатие. Желая сохранить стационарность Вселенной, Эйнштейн ввел член, который обладал антигравитацией, называемый еще космологической постоянной (из-за того, что автор обозначил его буквой «лямбда», эта добавка получила также название «лямбда-член»). Он должен расталкивать звезды и уравновешивать тяготение. Строго говоря, этот член не следует ни из каких-либо общих соображений, кроме соображений гармонии, и, в сущности, был введен в теорию волюнтаристски. Впоследствии Эйнштейн не мог внятно объяснить, как он пришел к выводу о необходимости лямбда-члена.

Казалось бы, Вселенная была спасена. Но в 1922 году вышла статья советского физика А.А.Фридмана, который, решив уравнения Эйнштейна, показал: даже лямбда-член необязательно уравновешивает гравитацию — все дело в соотношении этих сил, а оно может быть любым. У него получилось три вида моделей Вселенной: с расширением, со сжатием и при крайне маловероятном стечении обстоятельств — в неустойчивом стационарном состоянии, когда малейшее возмущение делает мир нестабильным. Эйнштейн сначала спорил, но потом был вынужден согласиться, после чего стал высказывать сожаления по поводу введения лямбда-члена в формулы: раз уж гармония все равно невозможна, нет нужды предаваться беспочвенным фантазиям и плодить новые сущности, не имеющие экспериментального обоснования. Многие физики были с ним согласны, и скепсис по поводу вселенской антигравитации воцарился на десятилетия. В 1925 году Фридман умер, и его теория, казалось, была забыта. В 1927 году неза-

висимо от Фридмана к выводу о нестационарности Вселенной пришел бельгиец Жорж Леметр, но его статью не заметили.

Тем временем астрономы совершили интересное открытие: сотрудник Лоуэлловской обсерватории Весто Слифер в 1912 году обнаружил, что свет от других галактик подозрительно красноватый. Причиной было не увеличение интенсивности свечения в красной области за счет синей, а непосредственное смещение спектральных линий элементов, составляющих звезды. Возникла мысль, что это смещение связано с движением звезд и галактик, а вызвано эффектом Доплера.

Цефеиды — первые стандартные свечи космоса

С движением галактик надо было разбираться, что и сделали астрономы, в том числе Эдвин Хаббл. Он провел систематические измерения расстояний до многих из них и определил, что спектр становится тем краснее, чем дальше от нас находится галактика. Причем связаны расстояние и красное смещение линейно: $z = Hr$. Через z в этой формуле выражено относительное изменение длины волны света, вызванное красным смещением, r — расстояние, H — постоянная Хаббла.

Как же измерить расстояние до столь далекого объекта? Есть метод тригонометрии: измеряем параллакс — изменение расположения объекта на небесной сфере при наблюдении с разных точек — и считаем расстояние по известным формулам. Это старинный метод, и не случайно единицей измерения астрономических расстояний стал парсек (3,263 световых года) — он соответствует такому расстоянию, которое дает параллакс в одну секунду дуги небесной сферы. Метод точен, но весьма трудоемок: расстояние до дальних объектов приходится измерять при наблюдении с противоположных точек земной орбиты, то есть с интервалом в полгода. Альтернатива — метод стандартных свечей: интенсивность видимого света закономерно убывает с ростом расстояния до источника и, сравнивая номинальную светимость с видимой, расстояния можно вычислить.

К счастью для Хаббла, да и для всей космологии, такие источники света с известной номинальной светимостью в космосе есть. Это звезды-цефеиды, яркие пульсирующие сверхгиганты, период пульсаций которых жестко связан с их номинальной светимостью. Такую закономерность надежно установила в 1912 году американка Генриетта Левит, которая решала обратную задачу: восстанавливала номинальную светимость, зная наблюдаемую, и расстояние до звезды, измеренное по ее параллаксу. Найдя в отдаленных галактиках полсотни цефеид, что позволило провести статистическую обработку данных, Хаббл и вывел в 1929 году свой закон. Из него следовало, что наша Вселенная нестационарна: если галактики разлетаются в разные стороны с одинаковой скоростью (а это следует из линейности закона Хаббла), значит, правы Фридман и Леметр.

Но что же толкает галактики в разные стороны? Ведь единственная сила вселенского масштаба — тяготение — должна, наоборот, притягивать их друг к другу. В поисках

выхода Г.А.Гамов развил идею Большого взрыва Фридмана и предложил модель горячей Вселенной: получив изначально сильный импульс, вещество и начало разлетаться. Тяготение скорость разлета уменьшает, но, чтобы она упала до нуля и началось сжатие Вселенной, масса вещества и излучения должна быть больше критической.

Эта концепция главенствовала почти семьдесят лет, а космологи были заняты решением вопроса, превышает ли масса критическое значение или нет. Для этого требовалось пересчитать все звезды, все фотоны и взвесить все невещественные элементарные частицы, прежде всего нейтрино, которые ввиду своего обилия и слабого взаимодействия с веществом при наличии массы могли существенно сказаться на результатах расчетов. Потом оказалось, что помимо вещества и излучения есть еще и темная материя, которую тоже надо оценивать. Таким образом, надо было уточнить многие детали разлета галактик во Вселенной разного возраста, в частности найти отклонения от закона Хаббла, которые могут быть связаны с тем, что Вселенная расширяется с ускорением или замедлением.

С помощью стандартных свечей сделать это не столь уж и трудно. Нужно сначала определить по закону Хаббла, какова будет видимая светимость исходя из красного смещения, а затем сравнить с наблюдаемой светимостью. Если она окажется больше, значит, на самом деле расстояние меньше, чем следует из закона Хаббла, и Вселенная в тот момент, который соответствует этому красному смещению, расширялась с большей скоростью, чем сейчас. В противном случае — если звезда оказывается тусклее, чем положено по Хабблу, — расширение Вселенной ускоряется. (Напомним, что из-за конечности скорости света астрономы, заглядывая в глубь Вселенной, смотрят и в глубь времен, видя объекты тем моложе, чем дальше они расположены.)

Сверхновые — вторые стандартные свечи космоса

Вот тут-то на сцену и выходят нобелиаты 2011 года. Дело в том, что по цефеидам можно определять расстояния в относительной близости от нас, в пределах 10 Мпс (что примерно в триста раз больше диаметра Млечного Пути). Но измерения надо проводить на расстояниях в тысячи раз больших. Грубые оценки можно сделать по красному смещению. Однако когда речь заходит о поиске отклонений от закона Хаббла, очевидно, что пользоваться им самим нельзя. Так встала проблема новых стандартных свечей для дальних расстояний.

Впервые о том, что такими свечами могут быть сверхновые, в 1938 году заговорил Вальтер Баадэ, работавший в обсерватории Маунт-Уилсон вместе с открывшим темную материю Фрицем Цвикки. В самом деле, иная сверхновая в момент взрыва светит ярче целой галактики средней величины, стало быть, ее видно издалека. Другое дело, что сверхновые бывают разные и нужно знать, какова у каждой из них номинальная светимость.

Некоторое понимание пришло в середине шестидесятых, когда астрофизики сошлись во мнении, что узнать номинальную светимость вполне возможно для сверхновых типа Ia. Например, советский астроном Ю.П.Псковский отмечал в числе прочих достоинств высокую яркость этих сверхновых — из дальних объектов ярче только квазары — и неплохую изученность механизма их образования. Как показали нобелевский лауреат 1980 года Уильям Фаулер и не получивший премии Фред Хойл, эти сверхновые образуются из белых карликов. Когда у звезды с массой, близкой к солнечной, сгорает весь водород и гелий, начинается ее катастрофическое сжатие. На каком-то этапе звезда взрывается, сбрасывает внешние оболочки, и остается сверхплотное ядро из кислорода и углерода. В нем термоядерные реакции уже не идут, но, чтобы обратиться в черную дыру,

не хватает массы. Если у такого белого карлика есть звезда-партнер по двойной системе, он станет перетягивать на себя вещество — и по достижении критической массы снова взорвется. Поскольку массы карликов примерно равны, эта критическая масса тоже будет близка для разных сверхновых этого типа. Значит, и мощность взрыва, и светимость у всех таких сверхновых не должны сильно различаться. Дальше дело техники: зная светимость на близких, хорошо известных расстояниях — при взрывах в соседних галактиках, — построить стандарт. Он будет включать в себя кривую спада светимости в течение месяца (а примерно столько и гаснет сверхновая), по ходу которой можно определить пиковую светимость в момент взрыва, а по ней рассчитать и номинальную светимость в момент наблюдения, и расстояние до звезды. Отличить же сверхновую этого типа от остальных удается по отсутствию в ее спектре линий водорода, который к моменту взрыва полностью сгорел, и по присутствию линий поглощения кремния.

К сожалению, взрывы таких сверхновых случаются не часто — раз в несколько столетий в каждой галактике. Но галактик много, значит, систематически обзревая небо, можно найти достаточно объектов для проведения статистической обработки и получения осмысленных результатов.

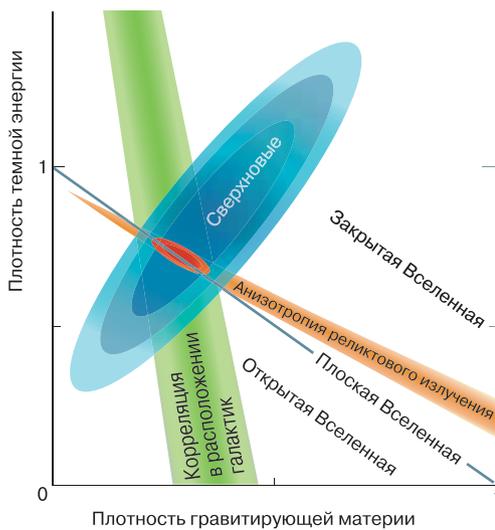
Первыми такой поиск предприняла в середине восьмидесятых датско-британская группа астрономов на телескопе в чилийском местечке Ла-Силла. За два года они нашли две далекие сверхновые, но это были лишь отблески гаснущих вспышек, поэтому точно определить пиковую светимость им не удалось. Зато стало ясно, что задача имеет решение, хоть и труда придется потратить немало. В 1988 году Сол Перлмуттер начал «Космологический проект изучения сверхновых». Скорее всего, ранее ему и не удалось бы организовать этот проект, поскольку именно к этому времени случилась революция в технике астрономических наблюдений (см. «Химию и жизнь», 2004, № 10): появились широкоугольные ПЗС-матрицы, которые позволяют, во-первых, фиксировать свет от значительных участков неба, а во-вторых, сразу переводить результат наблюдений в цифровой вид, пригодный для последующей автоматической обработки.

Именно с такими матрицами, установленными на четырехметровом телескопе, астрономы его группы наблюдали ночное небо ежемесячно в течение двух-трех дней после новолуния, когда световое загрязнение мало. По данным этих наблюдений нужно было заметить тусклый огонек в ранее пустой области неба, а потом попросить коллег из других обсерваторий с большими телескопами провести наблюдения этих участков через некоторое время. Время было небольшим — ведь уже спустя месяц следы далекой вспышки трудно найти. Однако все портила растущая Луна, поэтому повторные наблюдения проводили спустя три недели, когда ее свет был уже несильным.

Поскольку за каждый сеанс наблюдений удавалось найти несколько сверхновых, среди них можно было выбирать те, что замечены в момент, наиболее близкий к пику светимости. Последующее же сопровождение давало кривую затухания, и по ней вычисляли номинальную светимость вспышки. Шесть лет ушло на совершенствование методики, и в 1992 году первые сверхновые с большим красным смещением были изучены. Спустя два года их стало семь.

В то же время чилийские астрономы изучали близко расположенные сверхновые. Их данные о кривых затухания позволили построить калибровочную кривую для вычисления номинальной светимости в момент вспышки. Именно благодаря ей сверхновые типа Ia стали настоящими стандартными свечами для дальнего космоса.

В 1994 году Брайан Шмидт из австралийской обсерватории Маунт-Стромло и Николас Санцефф из чилийской Межамериканской обсерватории Серро-Тололо (а ученые из нее как раз



Данные о соотношении плотностей антигравитирующей темной энергии и противостоящей ей гравитирующей материи можно получить из разных экспериментов. Пересечение областей, которые не противоречат ни одному набору данных, дает достаточно узкую область параметров. Она отвечает, скорее всего, Вселенной с нулевой кривизной пространства (в крайнем случае — закрытой Вселенной с малой положительной кривизной), в которой преобладает сила антигравитации

и строили калибровочную кривую) начали еще один проект, «Сверхновые с большим красным смещением», — по изучению далеко расположенных сверхновых. К 1998 году в их коллекции было уже 16 сверхновых, обчисленных Адамом Рейсом, правда, они располагались близко, не далее красного смещения 0,15. Перлмуттер их явно опережал: у него набралось 42 сверхновых и они были расположены гораздо дальше, с красным смещением от 0,2 до 0,8, зато соответствующая публикация вышла на год позже. Однако Нобелевский комитет все это не смутило, премию получили представители обеих групп. И это правильно, ведь открытие считается состоявшимся лишь после подтверждения в независимом эксперименте. А ведь в 2006 году, присуждая премию за анизотропию реликтового излучения, члены комитета проигнорировали приоритет советских ученых и наградили труды лишь одной, никем не подтвержденной американской группы...

В общем, по такой статистике уже можно было делать выводы. Они оказались ошеломляющими: вместо ожидаемого уменьшения скорости расширения Вселенной из-за всемирного тяготения получились ускорение — звезды с большим красным смещением были на 10—15% менее яркими, чем положено по закону Хаббла для пустой, то есть расширяющейся с постоянной скоростью, Вселенной, и на четверть менее яркими, чем для замедляющейся Вселенной, где нет лямбда-члена. Значит, во Вселенной главенствует сила расталкивания — антигравитация.

Возрождение лямбда-члена

Это открытие было неожиданным, поскольку к тому времени разговаривать о лямбда-члене Эйнштейна считалось не очень хорошим тоном. Физики, конечно, рассматривали модели Вселенной с лямбда-членом, отличным от нуля, но не думали, что это и есть наш мир. Более того, из соображений симметрии физики, занимающиеся элементарными частицами, требовали, чтобы лямбда-член был равен нулю. Большой интерес к нему проявляли энтузиасты альтернативной науки, которые указывали, что лямбда-член — это неисчерпаемая энергия вакуума, и не мешай нефтяная да научная мафии признать этот факт, человечество давно бы уж использовало ее для своих целей.

После открытия Перлмуттера, Шмидта и Рейса отношение к лямбда-члену пришлось менять и надо было попытаться отве-

тить на вопрос: что же это такое? Увы, ответ до сих пор не найден, есть лишь численные оценки и туманные предположения.

В целом этот член нынче называют темной энергией, однако нет единства мнений, постоянен он или меняется во времени и пространстве. Для получения численных оценок современного значения лямбда-члена берут модель Вселенной с разными соотношениями гравитирующей и антигравитирующей материи и смотрят, при каком соотношении этих параметров расчетные данные лучше всего соответствуют наблюдаемым. Установлено, что нынешняя плотность темной энергии составляет $0,75 \cdot 10^{-29}$ г/см³, или три атома водорода в кубометре пространства (вспомним, что по Эйнштейну энергия и масса связаны соотношением $E = mc^2$). При этом на нее сейчас приходится около 75% массы Вселенной. Остальное — темная материя (23%), вещество (2%), и совсем чуть-чуть добавляют фотоны.

Помимо измерений ускорений, с которыми двигаются сверхновые, сейчас появились и другие источники вдохновения для космологов, например анизотропия реликтового излучения. Напомним, что реликтовое излучение — это фотоны, образовавшиеся вскоре после Большого взрыва, которые ни разу не взаимодействовали с веществом (см. «Химию и жизнь», 2006, № 11). Неоднородность в распределении интенсивности этого излучения по небесной сфере связана с первичными неоднородностями плотности вещества, изучая которые, можно почерпнуть немало интересной информации о начале Вселенной. В частности, некоторые детали этой анизотропии свидетельствуют о том, что, если пространство нашего мира и обладает кривизной, она незначительна. Тогда, в соответствии с теорией Фридмана, мир описывается простыми уравнениями. Их сопоставление с наблюдаемой анизотропией излучения говорит, что темная энергия составляет те же самые 70—80% массы. Аналогичные значения дают и наблюдения динамики сжатия галактик. В общем, пересечение областей параметров Вселенной, которые соответствуют этим трем наборам данных (см. рис.), почти не оставляют пространства для маневра и свидетельствуют, что Вселенная будет расширяться вечно.

Помимо вывода о бесконечном расширении темная энергия помогает решить и вопрос о том, закрытая наша Вселенная или открытая. Как отмечал еще Фридман, это зависит от того, больше средняя плотность энергии в ней или меньше некоего критического значения, принятого за единицу. Раньше предполагалось, что различие между этими исходами таково: закрытая Вселенная когда-нибудь закончит расширяться и станет сжиматься, а открытая — нет. Теперь, коль скоро сжатия никогда не будет, это соображение утратило свою ясность, и считается, что под закрытой Вселенной следует понимать мир с положительной кривизной пространства-времени, то есть с конечным объемом. (О том, как и куда расширятся открытая, стало быть, бесконечная Вселенная, равно как и о том, отчего у Большого взрыва была бесконечная мощность для порождения бесконечного количества вещества, много говорить не принято.) Экспериментальные данные показывают, что параметр открытости/закрытости Вселенной очень близок к граничному значению, равному единице, и составляет $1,015 \pm 0,02$. Более того, есть мнение, что он строго равен 1 и Вселенная находится в том самом маловероятном случае с нулевой кривизной, как

бы на перепутье между двумя возможностями, однако экспериментальных подтверждений еще нет. Это оставляет теоретикам некоторый простор для фантазий. Например, самый свежий закрытый мир, а именно заключенный в додекаэдр, на основании особенностей анизотропии реликтового излучения предложил французский астроном Жан-Поль Люмине с коллегами (см. «Химию и жизнь», 2008, № 5). Эта модель справедлива, если значение параметра плотности энергии равно $1,013$, что едва умещается на нижней границе допустимого диапазона плотности. Модель Люмине никак не может существовать без темной энергии, поскольку нормального вещества, излучения и темной материи хватит для того, чтобы «наполнить» Вселенную лишь на треть. Темная энергия как раз и дает недостающие две трети. Самое интересное, что модель Люмине пока не противоречит экспериментальным данным. Для выяснения истины требуются тщательные исследования анизотропии реликтового излучения и более точные измерения плотности энергии.

Что произойдет во Вселенной в будущем? Сценарий не внушает оптимизма. В конце концов она превратится в мир, предложенный в 30-х годах голландским астрономом Виллемом де Ситтером, где энергия отталкивания преобладает, а гравитацией можно пренебречь. В этом мире сначала от нас в недоступную для наблюдения область отлетают дальние галактики, потом исчезают галактики-спутники Млечного Пути. Через некоторое время с неба исчезнут и звезды нашей Галактики. Потом темная энергия, видимо, разрушит Солнечную систему, и последней от нас улетит, скорее всего, Луна. Не исключено, что когда-нибудь темная энергия превысит и электромагнитные силы, и сильные взаимодействия, после чего произойдет Большой пук (по другой версии — Большой разрыв) — разрушение вещества на составляющие его электроны и кварки. Возможность такого сценария зависит от природы темной энергии. А тут ясности нет.

Три энергии, два скрытых измерения

Наиболее распространено мнение, что темная энергия полностью соответствует не зависящему ни от чего лямбда-члену, космологической постоянной и представляет собой проявление физического вакуума, всепроникающей среды, заполняющей пространство на всех масштабах, от «макро» до «микро». У этой среды есть интересное свойство: ее плотность пропорциональна давлению, а коэффициент строго равен минус единице, потому что давление это — отрицательное. Другое удивительное свойство — постоянство во времени и пространстве плотности энергии. Удивительно оно потому, что при расширении Вселенной увеличивается и общее количество содержащейся в ней темной энергии — исключительно в силу роста объема нашего мира. Насыщенный энергией вакуум притекает как будто из ниоткуда, и энергия берется из ничего. Вещества же остается столько, сколько получилось при Большом взрыве, новое не образуется. Неудивительно, что в такой модели дело идет к миру де Ситтера, причем когда-нибудь, в бесконечно отдаленный от нас момент времени, общая энергия Вселенной рискует стать бесконечно большой. Строго говоря, подобное решение называется расходимостью, которая физиками никогда не приветствовалась. Да и появление энергии из ниоткуда смахивает на нарушение закона сохранения, что должно бы привлечь внимание специалистов Комиссии РАН по борьбе с лженаукой...

Еще одно слабое место тождественности темной энергии и энергии вакуума состоит в следующем. Из квантовой физики следует, что энергетическая насыщенность вакуума колоссальна — 10^{118} ГэВ/см³, а плотность темной энергии на 124 порядка меньше ($\sim 10^{-6}$ ГэВ/см³). А ведь еще Я.Б.Зельдович высказывал мысль, что квантовый и космологический вакуум — это одно и то же, и пока его точку зрения опровергнуть не

удается. Разрыв же в сотню с лишним порядков оцениваемой величины свидетельствует о том, что какие-то существенные факторы при этом сопоставлении не учтены.

Альтернативная точка зрения предполагает, что лямбда-член непостоянен. Тогда мир заполнен помимо вакуума еще и неким скалярным полем (то есть таким, в котором значение интенсивности дается одним числом, как, например, в поле температур, а не вектором, как для электрического поля), или квинтэссенцией. Она также обладает отрицательным давлением, однако отношение его к плотности больше -1 , но меньше $-1/3$. Общее количество квинтэссенции в нашем мире постоянно либо время от времени меняется скачком, обеспечивая изменения скорости расширения. В результате ее плотность по мере расширения, как правило, падает, что позволяет избавиться от упомянутой расходимости, но возникает другая проблема: раз есть изменения во времени, ничто не мешает плотности квинтэссенции флуктуировать и в пространстве. А тогда нарушается введенный Эйнштейном основополагающий космологический принцип изотропности Вселенной. Если же в разных местах ее свойства оказываются разными, да еще и зависящими от времени, то изучать такой мир становится гораздо труднее, поскольку при этом фундаментальные константы становятся переменными. Одним из первых пострадает закон Хаббла, краеугольный камень теории Большого взрыва и всей современной космологии, — при других константах спектры излучения станут другими, и разлет галактик перестанет иметь отношение к красному смещению. Поэтому столь актуально измерение с максимальной точностью фундаментальных констант (см. «Химию и жизнь», 2011, № 10). Еще интереснее получается, если темная энергия оказывается фантомной, то есть такой, плотность которой возрастает с течением времени. Для этого необходимо, чтобы соотношение ее плотности к давлению было меньше -1 . Именно эта модель ведет к Большому пуку.

Впрочем, результаты изучения анизотропии реликтового излучения оставляют мало шансов, что два последних соображения справедливы: отношение давления темной энергии к ее плотности практически точно равно минус единице, а именно $-0,97 \pm 0,09$.

Принципиально иной взгляд на проблему антигравитации дает идея дополнительных измерений, которые изменяют на соответствующем масштабе закон тяготения. В этой модели никакой темной энергии нет. Что это за скрытые измерения? В рассуждениях о черных дырах в коллайдере (см. «Химию и жизнь», 2010, № 1) речь шла об измерениях, заметных на малых масштабах, а эта гипотеза предполагает, что пятимерность мира проявляется на огромных расстояниях, сравнимых с радиусом наблюдаемой Вселенной. Тогда на близких расстояниях все останется как было, а на дальних придется вводить поправки к закону Хаббла. Расчет с этими поправками, правда, не дает точного совпадения с экспериментальными данными, но оказывается довольно близким к ним. Возможно, уточнение параметров модели может сделать совпадение лучше.

По подобным размышлениям серьезный удар наносит недавно открытый экспериментальный факт, подтверждающий, что Вселенная с момента Большого взрыва меняла знак ускорения. Сейчас события, следовавшие за Большим взрывом, представляются так. Сначала была первая инфляционная стадия — с быстрым ускоренным расширением. Гипотезу об этой стадии впервые высказал в 1981 году американский космолог Алан Гут. Идею физики поначалу не приняли, но потом, присмотревшись, признали ее правдоподобность.

В соответствии с ней, когда не было еще ничего, ни вещества, ни излучения, Вселенная расширялась с фантастической скоростью — постоянная Хаббла была равна 10^{40} с⁻¹ (сейчас $2,3 \cdot 10^{-18}$ с⁻¹), причем давление в то время было отрицательным, а плотность энергии — не менялась. Все,

что характерно для космологической постоянной. В какой-то момент времени в этом расширяющемся поле случилось нарушение симметрии (над объяснением которого, в частности, бьются физики в ЦЕРНе на своем Большом адронном коллайдере), и его энергия породила вещество и антивещество. Потом прошла аннигиляция, возникло много фотонов, они отделились от вещества, которое стало не только разлетаться, но и сгущаться под действием гравитации. Где-то на этапе нарушения симметрии появились неоднородности в исходно однородном поле, породившие анизотропию реликтового излучения и крупномасштабные структуры Вселенной. Неоднородности и обеспечили гравитационное сгущение вещества в разлетающемся мире, что привело к рождению галактик и их скоплений. Однако гравитация все больше мешала веществу разлетаться, и скорость расширения Вселенной падала. Это был период главенства гравитации, поскольку расстояния между частицами вещества были еще относительно малы и плотность темной материи казалась ничтожной. Но постепенно она стала набирать силу и в конце концов сравнялась по мощности с гравитацией. После этого начался современный этап в жизни нашего мира — вторая инфляция, и на этом этапе темная энергия — основной игрок на вселенской сцене.

Время, точнее, красное смещение, при котором замедление сменилось ускорением, вполне можно найти. И эту работу нынешние нобелиаты провели: к 2008 году в коллекции обеих групп было более 200 сверхновых с красным смещением от 0,3 до 1,8. Действительно, те из них, что имели красное смещение более 1, оказались ярче, чем положено по закону Хаббла. Значит, в тот момент Вселенная расширялась с замедлением относительно нынешнего состояния. Сейчас считается, что граница проходит при красном смещении 0,76, и это соответствует чуть ли не ровно половине возраста Вселенной — 7 млрд. лет длилось расширение с замедлением, 7 млрд. лет длится вторая инфляция.

Очевидно, что подобные изменения знака ускорения трудно списать на какой-то неизменный в пространстве фактор вроде дополнительных измерений. Зато это очень похоже на стоячую волну эфира в мире, имеющем границу. Впрочем, слово «эфир» запрещено, поскольку доказано, что его нет, поэтому подобные модели физики не рассматривают всерьез.

Значение красного смещения в момент нулевого тяготения позволяет определить очень важный параметр темной



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ

энергии — отношение ее давления к плотности. Как мы видели, именно от него зависит, какой вид энергии отвечает за расталкивание вещества. Считается, что, когда число измеренных сверхновых с большим красным смещением будет исчисляться тысячами, это значение удастся установить достаточно точно для того, чтобы обоснованно выбрать ту или иную версию. Разобраться в проблеме помогут и наблюдения за сверхдалекими сверхновыми с красным смещением около 3: забравшись на такое расстояние, удастся посмотреть события в совсем юной Вселенной и лучше понять начальный этап ее эволюции, когда преобладала гравитация. Хорошо бы (для разоблачения всяких эфирных теорий) еще и удостовериться, что ускорение одинаково в разных направлениях, но для этого нужна уже статистика в десятки тысяч наблюдений.

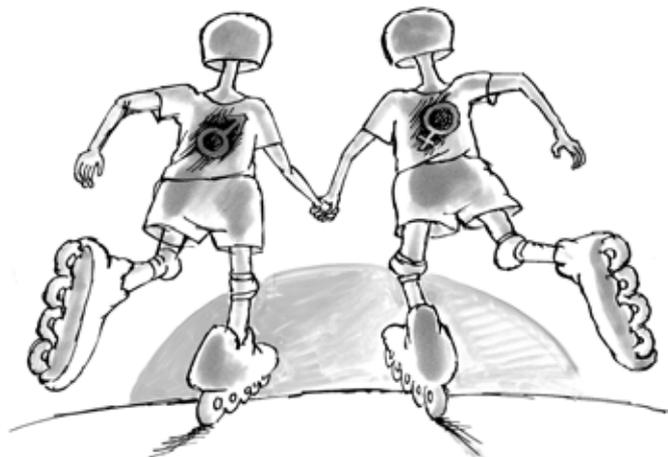
Впрочем, не исключено, что такие наблюдения когда-нибудь проведут, недаром и в космосе, и на Земле развертываются все новые мощные обсерватории, а физики в своих лабораториях проводят прецизионные эксперименты по измерению возможных изменений фундаментальных констант, например постоянной тонкой структуры. В значительной степени эту активность вызвало сделанное пятнадцать лет назад открытие ускоренного расширения современной нам Вселенной.

Что еще почитать про дискуссии о темной энергии:

Чернин Д.А. Темная энергия и всемирное антитяготение. «Успехи физических наук», 2008, т. 178, № 3.

Лукаш В.Н., Рубаков В.А. Темная энергия: мифы и реальность. «Успехи физических наук», 2008, т. 178, № 3.

О ПОДПИСКЕ



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки с доставкой по РФ — 720 рублей за полгода при получении в редакции — 540 рублей.

Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,
ИНН/КПП 7701325151/770101001

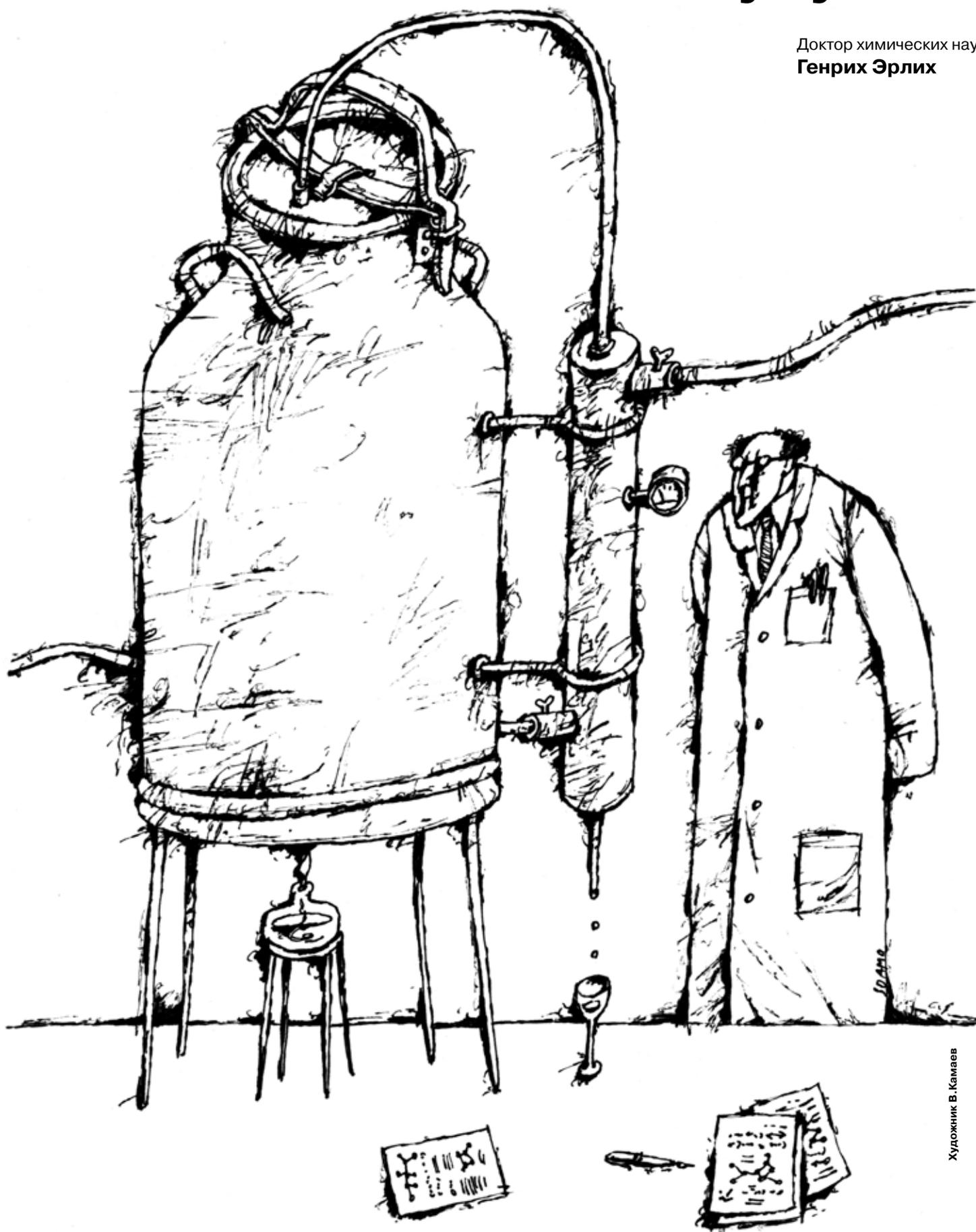
Банк: АКБ «РосЕвроБанк» (ОАО) г.Москва,
Номер счета: № 40703810801000070802,
к/с 30101810800000000777, БИК 044585777

Назначение платежа: подписка на журнал
«Химия и жизнь—XXI век»

На всякий случай пришлите копию оплаченной квитанции с указанием адреса доставки в редакцию: 105005, Москва, Лефортовский пер., д. 8, АНО «НаукаПресс»; по факсу (499) 267-54-18 или электронной почтой на redaktor@hij.ru

Кирхгоф, ферменты и химия будущего

Доктор химических наук
Генрих Эрлих



«Био и нано — близнецы-братья». Постараюсь доказать вам, что это сопоставление, по меньшей мере, столь же верно, как утверждение Маяковского о тандеме партия — Ленин, и что привычные нам биотехнологии в основе своей не что иное, как нанотехнологии.

В качестве главного персонажа этого рассказа я выбрал человека, чей приоритет в рассматриваемой области признается всеми. Звали его Константин Готлиб Сигизмунд Кирхгоф, по-нашему, Константин Сигизмундович.

Сивуха, киноварь и постное масло

Константин Кирхгоф родился в 1764 году в местечке Тетерев немецкого герцогства Мекленбург-Шверин в семье аптекаря. Фармацевтическое и химическое образование он получил, помогая отцу в работе, а после смерти отца продолжил семейную традицию и дослужился до звания гезеля — помощника провизора. В 1792 году Кирхгоф, как и многие немцы той поры, отправился в Россию, полагаю, что за «длинным» рублем, крепким и полновесным. Он устроился работать в Санкт-Петербургскую аптеку, которой в то время управлял Товий Егорович Ловиц, один из величайших, на мой взгляд, российских химиков за всю историю развития отечественной науки. Под его руководством Кирхгоф выполнил свою первую научную работу, опубликованную в 1795 году: «Об очистке хлебной водки (сивухи) при помощи древесных углей».

Эта работа задала тон всей последующей научной деятельности Кирхгофа. Он не изучал явления, а решал практические задачи, которые ему в изобилии подбрасывали жизнь и правительство. По складу своего мышления он был технологом, а не ученым-естествоиспытателем. При этом Кирхгоф был, несомненно, наделен феноменальной научной интуицией, ведь он выдавал новые технологии едва ли не ежегодно. Добиться такого результата лишь за счет истинно немецкой основательности и методичности невозможно, они в какой-то мере даже мешают подобной скорострельности, потому что исследователь надолго увязает в деталях и несущественных мелочах.

Одна из многих технологий, разработанных Кирхгофом, — получение киновари, сульфида ртути. Из нее делали яркую краску, столь любимую на Руси, ввозили же киноварь преимущественно из Китая. Предложенный Кирхгофом способ получения киновари приведет в ужас современных специалистов по охране труда и экологов: ртуть смешивали с серой и перетирали пестиком в ступке, затем прибавляли крепкий раствор щелочи и, помешивая, грели до готовности. Но по тем временам способ считался вполне безопасным. В 1805 году Кирхгоф ходатайствует перед Министерством внутренних дел о выдаче ему разрешения на устройство фабрики по производству киновари и о привилегии (эквивалент патента) на это производство. Закона о привилегиях в России тогда не было, посему в этом Кирхгофу было всемилоостивейше отказано, но фабрику построить разрешили. Академик Я.Д.Захаров, посетивший эту фабрику через несколько лет, писал в отчете: «Сию киноварь можно здесь сколько угодно купить по 10 рублей за фунт, и она отправляется по изысканной ее доблести за море». Из-за отсутствия «привилегии» способ стали быстро использовать и другие русские фабриканты.

Точно такая же схема была реализована Кирхгофом при создании технологии очистки постного масла, которой он стал заниматься по указанию министра внутренних дел В.П.Кочубея в 1805 году. Дело в том, что масленичные семена составляли значительную долю общероссийского экспорта. (Речь идет не о подсолнечнике, а в первую очередь о конопле. Из ее стеблей выработывали также пеньку, которая шла на изготовление тросов и веревок для флота. Бескрайние поля конопли — и никакой наркомании!) Еще выгоднее было продавать масло из них, потребность в котором была огром-

на, ведь оно использовалось не только для приготовления пищи, но и для освещения — масляные лампы Карселя были широко распространены в России и за границей. Но масло, вырабатываемое на российских кустарных маслобойнях, для этой цели не подходило. В общем, известная русская проблема: как сделать так, чтобы поставлять на экспорт не сырье (семена/нефть/металл), а продукты его переработки (масло/бензин/трубы).

Технологию Кирхгоф разработал, но ее детали, наученный опытом, придержал. Известно лишь было, что он использовал для очистки серную кислоту. Кирхгоф попросил у правительства беспроцентную ссуду в 25 000 рублей на пять лет для открытия фабрики по очистке масла с условием, что по истечении срока ссуда будет возвращена, а «секрет» опубликован. Вышло как по писаному: сначала заработала фабрика Кирхгофа, а через пять лет технология была передана всем заинтересованным лицам и вскоре стала широко применяться на русских маслобойных предприятиях.

В 1808 году Кирхгоф выполнил еще одну работу — «О сохранении молока и яиц путем высушивания», которая, естественно, проходила по военному ведомству. В условиях непрерывных войн во всех странах разрабатывали способы снабжения войск питательными и транспортабельными продуктами длительного хранения. Француз Никола Анпер (1749—1841) изобрел в 1809 году консервы, за что получил награду из рук самого Наполеона Бонапарта. Вполне возможно, что и Кирхгоф получил «наградной лист» за подписью Александра I — разрешение на строительство фабрики по производству сухого молока и яичного порошка, но известные мне исторические источники об этом умалчивают.

«Способы заменить иностранный сахар домашними произведениями»

Мы подошли к главным технологическим свершениям Кирхгофа, которые в значительной мере тоже были инициированы тогдашней международной обстановкой. Речь пойдет о производстве сахара. О важности проблемы свидетельствует нижеследующий образчик старой русской словесности, взятый из «Предупреждения» к сборнику «Способы заменить иностранный сахар домашними произведениями», который издала Медицинская коллегия в конце 1799 года. «Хотя употребление сахара в физическом смысле не только безвредно, но еще приятно и полезно почитается, но, судя о чрезвычайно возвысившейся цене его, ежегодно составляющей знатные суммы для Отечества нашего, можно почтеть оный весьма вредным как для частных людей, так и для блага всего народа. Сие доказывается и тем, что во многих местах стараются возможнейшим образом приготовить сахар из домашних произведений. Сие также есть единственное средство избавить себя от корыстолюбия иностранных народов». Добавим, что затраты на покупку и ввоз сахара равнялись стоимости всех импортируемых в Россию машин, инструментов и металла в изделиях, вместе взятых. Положение усугубилось после восстания негров-рабов на Гаити, основном поставщике сахара в Европу, и введения Наполеоном континентальной блокады.

Именно в те годы был разработан способ получения сахара из свеклы, используемый поныне. Кирхгоф пошел другим путем. Он исходил из известных всем наблюдений: что хлебные зерна при прорастании становятся сладкими, то же происходит и с кислыми плодами при созревании. Он предположил, что это связано с превращениями крахмала, содержащегося в зернах и плодах, и стал искать способы ускорения этого процесса. Наилучшим «ускорителем» оказалась серная кислота. 14 августа 1811 года на заседании Академии наук Кирхгоф сделал доклад «О получении сахара из различных мучнистых продуктов, картофельного крахмала, пшеницы, ржи, проса и гречихи». Он также представил технологию получения крахма-

ла из картофеля — Кирхгоф полагал его наиболее выгодным с экономической точки зрения.

Кирхгоф отдавал себе отчет в том, что он получил не то же самое вещество, что добывают из свеклы и тростника, а другой сахар, в несколько раз менее сладкий — сегодня он называется глюкозой, или виноградным сахаром. Но как верно было замечено в заключении академии: «Если оный сахар весьма дешево обходится, то заслуживает всякого внимания». Еще бы не дешево — ведь выход «сахара» по методу Кирхгофа составлял 77% от веса использованного крахмала, что лишь немногим уступает современным технологиям. Для нас же важно другое: Кирхгоф установил, что серная кислота при этом процессе не расходуется, то есть она служит истинным «ускорителем» — катализатором превращения крахмала в глюкозу.

Энзимология и академические склоки

Исследователь на этом не остановился. Его по-прежнему интересовал вопрос, почему становятся сладкими зерна злаков при прорастании, ведь серной кислоты там не было и в помине. Из проросших семян ячменя (солода) Кирхгоф выделил «клейковатое вещество», которое эффективно превращало крахмал в сахар. (Более точно — в дисахарид мальтозу, составленный из двух молекул глюкозы.) Сейчас мы называем это вещество ферментом амилазой. 14 ноября 1814 года на заседании Академии наук Кирхгоф сделал доклад «О получении сахара при осоложивании злаков». Этот день стал днем рождения новой науки энзимологии, изучающей биологические катализаторы белковой природы — ферменты, или энзимы.

Работы Кирхгофа были широко известны как в России, так и за границей. Высшее признание он заслужил со стороны отечественных заводчиков, которые беззастенчиво использовали разработанные им технологии. Кирхгофа избрали членом Бостонской академии, Венского экономического общества и Падуанской академии наук. А вот с «родной» академией, как это часто бывает, возникли проблемы.

В кратких биографиях Кирхгофа указывают, что он с 1812 года был академиком Петербургской академии наук, опуская существенный нюанс: Кирхгоф был экстраординарным академиком, кем-то вроде почетного члена, и, кроме почета, ничего от академии не имел. Обыкновенные (действительные) академики располагали лабораториями с соответствующим «бюджетным» финансированием, Кирхгоф же выполнял некоторые свои исследования в лаборатории Главной петербургской аптеки, если они соответствовали тематике проводимых там работ, а другие, включая работы по превращению крахмала, «у себя на дому», как писал Кирхгоф, за свой счет. В 1816 году освобоодилось место ординарного академика по технологии, Кирхгофа выдвинули на это место. И тут началось — интриги, тяжбы, доносы.

Показательно, что споры велись преимущественно вокруг превращения крахмала в сахар (то есть даже современники понимали, что это — главное открытие Кирхгофа). Один из академиков приписывал приоритет себе, другой отдавал его французам, третий подвергал сомнению практическую реализуемость процесса, а академик Иоганн-Фридрих-Вильгельм Нассе отрицал его в принципе. Дело в том, что крахмал и клейковина, выделенные из плода, и тем более серная кислота были «мертвой» материей, лишенной «органической жизненной силы», без которой превращение крахмала в сахар считалось невозможным. Такова была парадигма того времени, в рамках существовавших концепций работа Кирхгофа считалась лженаукой.

Устав от склок, Кирхгоф в 1818 году отказался от борьбы за место действительного академика и подал в отставку. Отставка во всех отношениях лучше инфаркта, которым обычно за-

канчиваются академические дразги. Оставив занятия наукой де-юре и де-факто, Кирхгоф не покинул Россию, в которой он прожил до своей кончины в 1833 году.

Рождение катализа

«Что принадлежит до умозрения, как образуется сахар из крахмала, о том я не могу ничего сказать решительно», — откровенно писал Кирхгоф. Сделать какие-либо заключения было действительно трудно, не зная, что представляет собой исходное вещество — крахмал. Для понимания этого науке предстояло проделать долгий путь, длиной в столетие. Лишь в 1920 году немецкий химик Герман Штаудингер (1881—1965) выдвинул гипотезу, что крахмал и целлюлоза представляют собой полимеры — длинные молекулы, составленные из фрагментов глюкозы, которые соединены химическими связями.

Кирхгоф не понимал истинной сути открытых им процессов, он решал частную проблему и не замахивался на всеобщность, но при этом заложил первый камень сразу в два важнейших направления развития науки и техники — в катализ и биотехнологии.

Начнем с катализа. Конечно, не Кирхгоф открыл явление катализа. Многие историки отдают приоритет великому шведскому химику Карлу Вильгельму Шееле (1742—1786), который в 1782 году обнаружил, что реакция уксусной кислоты с этиловым спиртом с образованием сложного эфира протекает в присутствии небольших добавок соляной кислоты. Но несомненно, что именно Кирхгоф осуществил первый промышленный каталитический процесс.

Сам же термин «катализ» появился лишь спустя четверть века — его предложил в 1835 году другой великий шведский химик Йёнс Якоб Берцелиус (1779—1848), который обобщил результаты исследований различных ученых, в том числе и Кирхгофа. Тогда же сложилось представление о катализаторе как веществе, которое влияет на протекание химической реакции, но само при этом не входит в состав конечных продуктов. О природе этого влияния ничего не говорилось, кроме обязательности контакта исходных веществ с катализатором — не случайно предшественник Берцелиуса Митчеллих, первым на самом деле обобщивший все имевшиеся на тот момент данные, предложил термин «контактные реакции». Берцелиус же говорил о некоей «каталитической силе».

Следующего прорыва в изучении катализа пришлось ждать еще полвека. В 1880-х годах Вильгельм Оствальд (1853—1932) доказал, что катализатор влияет на скорость химической реакции, оставаясь при этом неизменным. Оствальд также первым заметил, что если реакция может протекать как в прямом, так и обратном направлении, то катализатор в равной степени ускоряет обе эти реакции, то есть конечное состояние системы — положение равновесия — не зависит от присутствия катализатора.

Оствальд получил за эти исследования Нобелевскую премию по химии, но и он не смог ответить на вопрос, каким образом катализатор ускоряет реакцию. Камнем преткновения стал доказанный им же факт: катализатор остается неизменным после проведения процесса. Проблему разрешил Поль Сабатье (1854—1941). Он установил, что в ходе процесса катализатор вступает в химическое взаимодействие с исходными веществами с образованием неустойчивых промежуточных соединений, которые превращаются в конечные продукты. На круг выходит легче и быстрее.

Собственно, только после этих работ, выполненных в преддверии XX века, катализ вырос из детского пеленок и вышел на широкую дорожку жизни. Разработанная Кирхгофом технология гидролиза крахмала под действием серной кислоты, бывшая на протяжении многих десятилетий едва ли не единственным промышленно реализованным

каталитическим процессом, дополнилась сотнями и тысячами других. Сегодня катализаторы используют в подавляющем большинстве процессов нефтепереработки, нефтехимии и химической промышленности, но это уже другая история.

Здесь же мы рассмотрим судьбу другого детища Кирхгофа — ферментов, история изучения которых была еще более долгой и трудной и которые ожидало столь же блестящее будущее.

Ферменты или энзимы?

Выше я лихо определил ферменты как биологические катализаторы белковой природы, и вы, не сомневаюсь, спокойно восприняли это знакомое со школьной скамьи определение. Парадокс ситуации заключается в том, что долгое время ферменты и белки рассматривали как соединения разной природы и «великое объединение» произошло сравнительно недавно, в 1926 году. До этого момента нам, следуя исторической правде, придется рассматривать две независимых истории изучения одного и того же объекта.

Первыми перед учеными предстали белки, с них и начнем. В конце XVIII века французский химик Антуан Фуркруа (1755–1809) и другие ученые обратили внимание на то, что из различных биологических жидкостей при нагревании или действии кислот осаждается некая субстанция, которая составляет значительную долю органического вещества этих самых жидкостей и в целом разнообразных живых организмов и растений. Субстанции, извлеченные из различных биологических объектов, обладали похожими свойствами, что позволило выделить их в отдельный класс соединений.

Но лишь в 1838 году голландский химик Геррит Ян Мульдер (1802–1880) доказал, что все они обладают близким химическим составом и включают углерод, азот, водород и кислород с небольшой примесью серы. Тогда же этот класс веществ обрел название — протеины (ну а мы будем называть их по-нашему, белками). Его предложил Берцелиус, с которым Мульдер состоял в переписке. Берцелиус вообще был большим специалистом по названиям, но, возможно, все дело было в его высочайшем авторитете в научном сообществе. Мульдер также выделил продукты разрушения белков и идентифицировал их как аминокислоты, однако на этом дело надолго застопорилось. То есть роль белков как строительных материалов всех живых организмов не подвергалась сомнению, но при этом строение белков оставалось тайной за семью печатями.

Первый луч света блеснул лишь в начале XX века, когда великий немецкий химик-органик Эмиль Фишер (1852–1919), лауреат Нобелевской премии по химии 1902 года, определил, как аминокислоты связываются между собой — посредством так называемой амидной химической связи. Он начал с синтеза дипептида — соединения, состоящего из двух аминокислот, и к 1907 году дошел до олигопептида, составленного из восемнадцати различных аминокислот. Но окончательно представление о том, что белок — это аминокислотный полимер, утвердилось лишь в 1920-х годах после работ Штаудингера, о котором я уже рассказывал выше.

История изучения ферментов прошла еще более извилистый и запутанный путь. Кирхгоф ничего не говорил о химической природе «клейковатого вещества», которое он использовал для превращения крахмала в сахар, а учитывая состояние химии того времени, и не мог ничего сказать. Лишь в 1833 году французские химики Ансельм Пайя (1795–1871) и Жан Франсуа Персо выделили из солода более или менее чистый препарат, который они назвали диастазой. Именно диастаза вызывала превращение крахмала в сахар, но ее химическая природа по-прежнему оставалась неясной, а

словосочетание «более или менее чистый» стало кошмаром ученых, работающих в этой области, на многие десятилетия.

В те же годы из различных биологических объектов было выделено еще несколько похожих веществ, способных осуществлять превращения сложных химических соединений. В 1836 году Берцелиус высказал гениальную гипотезу, что «в живых растениях и животных в тканях и жидкостях протекают тысячи каталитических процессов, при которых происходит большое количество различных химических синтезов из общего исходного материала». Открытые вещества как нельзя лучше подходили на роль этих природных катализаторов. В 1858 году немецкий ученый Маркус Траубе выдвинул предположение, что все они имеют белковую природу, а в 1877-м эта группа веществ обрела наконец общее название — энзимы, которое предложил немецкий физиолог Вильгельм Кюне.

На колу мочало, начинай сначала

Но тут история пошла на второй круг. Я уже рассказывал об обвинениях в «лженаучности», которые выдвинул против Кирхгофа академик Нассе, и полагаю, что вы восприняли это как курьез. Но по прошествии десятилетий эти споры возродились на более высоком уровне. Инициатором их стал Луи Пастер (1822–1895). В числе его величайших научных заслуг было доказательство невозможности самозарождения живых организмов и установление факта того, что многие природные явления и процессы, включая заболевания, обусловлены деятельностью микроорганизмов. Обратной стороной медали была абсолютизация жизни и жизненной силы. Пастер был уверен, что брожение (превращение сахара в спирт или уксусную кислоту) могут осуществлять только живые клетки микроорганизмов — дрожжей. Именно к этим микроорганизмам он относил термин «фермент» — «закваска» по-латыни. Поэтому Пастер в штыки воспринял идею о ферментах как растворимых химических веществах природного происхождения. «Я не вижу никакой необходимости в существовании этих ферментов, ни в полезности их функционирования при брожении», — писал он. Собственно, для того, чтобы избежать возникшей путаницы в представлениях, и был придуман термин «энзимы».

Противостояли Пастеру великий немецкий химик-органик Юстус Либих (1803–1873) и знаменитый Марселен Бертло (1827–1907). Последний сомневался в существовании молекул и отрицал атомы, но при этом непоколебимо верил во всемогущество химии и полагал, что в основе всех процессов, протекающих в живом организме, лежат химические реакции. В его системе научных ценностей не было места «жизненной силе», хотя сам он, по свидетельству современников, был наделен этой самой силой в избытке. Вот Бертло и ввязался в яростный многолетний спор со своим коллегой по Французской академии.

Вышло по русской присказке: на колу мочало, начинай сначала. Бертло разрушил клетки дрожжей, получил бесклеточный экстракт, высадил из него спиртом некую субстанцию и показал, что она вызывает точно такое же брожение, как и дрожжи. Но авторитет Пастера был настолько велик, что раз-



Внутреннее устройство

личным исследователям пришлось раз за разом повторять этот эксперимент в надежде, что количество доказательств перейдет в качество убеждения. Спор был разрешен только после смерти Пастера. По всеобщему признанию точку в нем поставила статья немецкого исследователя Эдуарда Бухнера «Спиртовое брожение без дрожжевых клеток», опубликованная в 1897 году. В 1907 году благодарное научное сообщество увенчало Бухнера Нобелевской премией по химии ни много ни мало «за открытие внеклеточной ферментации». С момента открытия Кирхгофа прошло почти сто лет.

Нельзя сказать, что все эти годы ученые были заняты лишь поисками аргументов в затянувшемся историческом споре. Именно тогда был установлен факт, имеющий принципиальное значение, — специфичность действия ферментов, их способность взаимодействовать со строго определенными веществами (субстратами) и катализировать одну конкретную реакцию. Кроме того, было доказано, что в ходе реакции образуется промежуточный комплекс фермента с субстратом, в этом отношении ферментативный катализ обогнал другие ветви катализа, на первый взгляд более простые.

Все эти вопросы чрезвычайно занимали Эмиля Фишера (1852—1919). Для объяснения высокой специфичности ферментов он сформулировал в середине 1890-х годов свое знаменитое положение о том, что субстрат подходит к ферменту как ключ к замку, которое выдержало испытание временем и дожило до наших дней. Проблема заключалась в том, что Фишер не мог сказать ничего определенного об устройстве «замка», ведь к изучению строения белков он приступил лишь десятилетие спустя.

Собственно, давняя теория Траубе о том, что ферменты — вещества белковой природы, продолжала пребывать в статусе недоказанной гипотезы. Да, ферменты проявляли многие свойства белков, но из этого отнюдь не следовало, что именно белки обладают каталитическими свойствами ферментов. Многие специалисты, включая такого авторитетного ученого, как лауреат Нобелевской премии Рихард Вильштеттер (1872—1942), считали, что белки выполняют лишь функцию носителя для «истинного энзима» — небольшой каталитически активной молекулы. На фоне белка такая молекула выглядела незначительной примесью, что объясняло, по мнению этих специалистов, трудности ее обнаружения и идентификации.

В сущности, дело сводилось к чистоте ферментных препаратов и к вопросу о том, представляют ли они собой индивидуальное соединение или смесь двух веществ — белка и энзима. На этот случай у химиков есть простой и надежный тест: чистые вещества образуют правильные кристаллы, если же вещество не кристаллизуется ни при каких условиях, то это почти наверняка смесь различных соединений. Так вот, в начале XX века были получены кристаллы многих известных на тот момент белков, но ни одного — фермента. Тут было о чем призадуматься.

То, что многим уже казалось невозможным, удалось американскому биохимику Джеймсу Бетчеллеру Самнеру (1887—1955). Он потратил несколько лет жизни на улучшение методов очистки фермента уреазы и на попытки закристаллизовать его. И он сделал это! Самнер получил препарат индивидуального вещества, которое по всем показателям было белком и при этом проявляло ферментативную активность. Это было действительно принципиальное открытие, после которого картина белкового мира обрела законченный вид: белки, строительными блоками живых организмов, отвечали за передачу наследственных признаков (так тогда полагали) и осуществляли все жизненно важные процессы, в общем, белки — квинтэссенция мира живой природы. Неудивительно, что Самнер за эту работу получил в 1946 году Нобелевскую премию по химии.

Следствием этого объединения стало то, что ферменты на какое-то время отошли на второй план. Сначала надо было разобраться с внутренним устройством белков, а уж потом приниматься за их более сложных братьев. Об этом устройстве даже в 1930-е годы знали крайне мало. Большинство ученых, основываясь на работах Фишера и Штаудингера, сходились в том, что белки — это полимерные молекулы, составленные из фрагментов аминокислот, соединенных пептидной связью. Доподлинно знали только состав белков — все известные на тот момент белки состояли из двадцати различных аминокислот. Оценки молекулярного веса белков показывали, что общее число аминокислот в различных белках может составлять десятки, сотни и даже тысячи. Это все.

В какой последовательности соединены аминокислоты в белке? Да и есть ли строго определенная последовательность? Как бы изобретательна ни была Природа, осуществить столь точную сборку из тысяч строительных блоков даже ей не под силу, так считали многие ученые. Так, может быть, все дело в соотношении различных аминокислот в белке? Но почему небольшие различия в этом соотношении приводят к получению белков с совершенно разными свойствами? И чем вообще обусловлены уникальные и разнообразные биологические свойства белков — молекул чрезвычайно простых с химической точки зрения?

Ответить на все эти вопросы было не под силу одному человеку, даже гениальному. Впрочем, без гения дело не обошлось. Я имею в виду Лайнуса Полинга (1901—1994), дважды лауреата Нобелевской премии — по химии и мира. Именно Полинг в 1951 году сформулировал гипотезу о вторичной структуре белков — альфа-спирали и бета-листах. В том же году Фредерик Сенгер впервые установил точную аминокислотную последовательность белка — это был бычий инсулин, содержащий 51 аминокислоту. За эту работу Сенгер получил первую из своих двух Нобелевских премий по химии. Ну а в 1959 году английские исследователи Макс Перуц и Джон Кендрю из Кембриджа расшифровали простейшую структуру белка гемоглобина, за что незамедлительно, в 1962 году, получили Нобелевскую премию по химии.

Лиха беда начало — структуры разнообразных белков и ферментов посыпались как из рога изобилия, счет быстро пошел на сотни и тысячи. Эти исследования не только подтвердили гипотезу Полинга о вторичной структуре белка, но выявили существование третичной структуры — следующего этапа самоорганизации молекулы белка, при которой он сворачивается в глобулу (чаще всего) диаметром в десятки нанометров или формирует протяженные структуры толщиной в несколько нанометров, из которых состоят, например, наши мышцы. Ученые обнаружили также существование четвертичной структуры, которая образуется в результате взаимодействия нескольких белков, обладающих собственной третичной структурой. Эти сложные наноструктурированные объекты могут включать как идентичные, так и разные белки и ферменты. Например, АТФ-синтазный комплекс состоит из более тридцати различных единиц.

Разобрались, естественно, и с внутренним устройством ферментов. Центральное место в них занимает так называемый активный центр, который состоит из нескольких фрагментов аминокислот и часто содержит ион металла. На этом центре и происходит превращение молекулы субстрата, вся же остальная часть белка выполняет функции инфраструктуры: формирует «замочную скважину», поддерживает определенную кислотность среды внутри белка и, наконец, фиксирует молекулу субстрата в определенном положении, наиболее удобном для тонкой хирургической операции, выполняемой активным центром. В сущности, «старики» во главе с Вильштеттером были не так уж и не правы: белок

действительно выступает в качестве своего рода носителя собственно энзима — активного центра.

После этих исследований начался бум ферментативного катализа, который пришелся на 1970-е — начало 1980-х годов.

Предчувствие второго бума

Сегодня известно более 3700 ферментов, различающихся по катализируемым ими реакциям, установлена детальная структура большинства из них, многие используются в тонком органическом синтезе, фармацевтической промышленности, бытовой химии, сельском хозяйстве и защите окружающей среды. Между тем бум ферментативного катализа с очевидностью спал. В новостных лентах науки ферменты ушли в тень геномных технологий, в промышленных же биотехнологиях, где ферменты работают де-факто, де-юре главенствуют микроорганизмы. Но можно сказать и так: ферменты стали настолько привычным элементом ландшафта науки, что при обсуждении «революционных» нанотехнологий о них зачастую просто забывают.

Падение общественного интереса к ферментам имеет и объективные причины. Эйфория 1970-х годов подогревалась верой во всемогущество ферментов — без этапа «великих ожиданий» не обходится развитие ни одной новой области науки и техники. Между тем ферменты не всемогущи. За миллиарды лет эволюции Природа настроила их на осуществление строго определенных процессов, у людей же свои интересы. Нам для удовлетворения наших appetitов нужно множество веществ и материалов, которые не значились в планах Природы, так что при их производстве природные катализаторы, то есть ферменты, нам не помощники. Высокая избирательность ферментов, их главное достоинство, сработала против них.

Кроме того, с нашей, человеческой, точки зрения, ферменты нетехнологичны. Они слишком нежные создания и привыкли работать в тепличных условиях, при температуре живого организма. Стоит чуть поднять температуру (а это стандартный способ увеличения скорости процесса), как их активность падает, либо они и вовсе денатурируют. Да и работать они могут только в водных растворах, а воду технологи терпеть не могут — как растворитель она слишком активна и требует огромных затрат энергии на испарение. То ли дело органические растворители! И наконец, ферменты, по сути дела, катализаторы одноразового использования, их чрезвычайно трудно отделить от продуктов реакции без потери активности. Слишком дорогое получается удовольствие.

Специалистам все эти недостатки были понятны с самого начала, просто они в своих полных оптимизма реляциях не акцентировали на них внимание. Но при этом значительную часть усилий направляли на преодоление этих недостатков. Именно энзимологи первыми научились химически «прививать» гомогенные катализаторы к поверхности твердого носителя. Так была решена проблема отделения от продуктов реакции и многократного использования катализатора. В терминах сегодняшнего времени эти работы были примером конструирования нанообъектов. К поверхности неорганического материала — носителя прививали органическую «ножку» длиной в несколько нанометров, а к ней, в свою очередь, молекулу фермента диаметром в десятки нанометров.

Ученые стали также загонять ферменты в так называемые обращенные мицеллы. Это такие ассоциаты обычных поверхностно-активных веществ, растворенных в органических растворителях. В отличие от прямых мицелл, в обращенных мицеллах полярные головки молекул ПАВ обращены внутрь, а углеводородные хвосты торчат наружу, как иглы ежа. И если прямые мицеллы способны поглощать органические вещества, то обращенные — воду, превращаясь, грубо говоря, в капельки воды диаметром в единицы и десятки нанометров, покрытые мономолекулярным слоем ПАВ. Если мы поместим



в ядро обращенной мицеллы молекулу фермента, то он, находясь в привычной для него среде обитания, будет вести свойственные ему химические реакции, но формально процесс будет протекать в органическом растворителе, который служит резервуаром вещества, подвергаемого ферментативному превращению, и местом сбора продуктов реакции. В сущности, энзимологи придумали и впервые практически осуществили идею нанореактора, ключевую для современных нанотехнологий.

Еще одна амбициозная цель — создание новых ферментов, природных катализаторов, которых нет в природе. Сделать это стало возможным в результате глубокого проникновения в устройство ферментов и в механизм их формирования. Зная это, можно растянуть или сжать глобулу фермента, изменяя таким образом размер «замочной скважины» и настраивая фермент на новый субстрат. Можно дополнительно сшить полипептидную цепь фермента и застабилизировать его третичную структуру, препятствуя денатурации. Можно ввести в фермент новые аминокислотные фрагменты, повышающие, например, его термостабильность или способствующие фиксации на твердом носителе. Можно, наконец, внести изменения в состав активного центра фермента и тем самым создать катализатор принципиально новой реакции. Возможности такого тонкого конструирования на наноуровне практически безграничны, и это с полным правом может называться нанотехнологиями.

Эти работы пока мало известны широкой общественности, но мне кажется, что в ближайшие годы нас ждет вторая волна популярности ферментативного катализа. Дело в том, что мы постепенно и неотвратимо возвращаемся к природе. Взлет цен на углеводородное сырье и экологические соображения заставляют уделять все больше внимания возобновляемым источникам сырья. А это, в свою очередь, повлечет за собой изменение всей идеологии химической промышленности. Так называемое биотопливо можно залить в бак автомобиля, и он поедет, но в химической промышленности такое не проходит. В реактор, рассчитанный на углеводородное сырье, нельзя засыпать глюкозу, получаемую при гидролизе целлюлозы. То есть засыпать, конечно, можно, но ничего путного не получится. Необходимо разрабатывать новые технологии, причем принципиально новые, потому что все наше научное и технологическое мышление было заточено под углеводородное сырье, а что делать с кислородсодержащими природными соединениями, мы, честно говоря, пока понятия не имеем.

И вот здесь следует ожидать, что ферменты выйдут на передний край, потому что они-то как раз умеют управляться с природными веществами гораздо лучше химиков. Так что ферментативный катализ (нанотехнологии) — это, вполне вероятно, наше будущее. Поживем — увидим.





Когда заходили коллеги и затевался спор, то корректный, то раздраженный, доску покрывали горячечные выплески. Меерович вручал каждому маркер своего цвета и потом словно со стороны, глазами ребенка, смотрел, как красный теснит и окружает зеленый и вдруг небесно-синий врезается и ставит точку, оставляя разбитых и обескураженных противников, остывшие ненужные выкладки.

Одна беда была с этой доской: как аккуратно ни вытирал ее Меерович, как ни просил аспирантов стирать свои записи, постепенно доска тускнела и покрывалась слабыми, почти не видными следами отгремевших боев. Посредине виднелись остатки торжествующей записи — это друг Хоггард из Кембриджа, Англия, вывел наконец свое уравнение диффузии несмываемым маркером, схвативши его со стола. Несмываемый — это уж слишком сильно сказано, лучше было бы его назвать «плохо смываемый».

Меерович даже ходил к органикам на второй этаж, приносил все мыслимые полярные растворители — ничего не помогало. Следы накапливались, и он даже подумывал — не заказать ли новую доску? Но, воспитанный в разумной скупости университета, не решался взять да и выкинуть две сотни плюс два часа работы единственного плотника на департамент, невыносимо медлительного, но со всех сторон прикрытого профсоюзным щитом.

И в этот вечер Меерович сидел, в каком-то оцепенении глядя на белую поверхность. Семестр заканчивался, студенты на сегодня разошлись, в голову не лезло ничего, кроме какой-то ерунды. Может, и не такой уж ерунды — он думал о том, что останется после него. Студенты-первогодки, бессмысленными глазами глядящие на таблицу элементов, большой надежды не подавали. Собственная работа казалась надежнее: в лаборатории он терял ощущение времени и был счастлив, хотя и понимал, что разумнее, как делали все, поручить это аспирантам. Меерович рассматривал собственные пальцы и думал: ну как азотная кислота попадает на ногти? Ведь двадцать лет лабораторного стажа!

Солнце, уже краснеющее, било через жалюзи сбоку на доску. «Домой пора», — думал Меерович, скользя взглядом по доске, когда вдруг что-то привлекло его внимание, и он забеспокоился и даже встрепенулся.

Следы былых баталий определенно лежали неслучайно. Он все еще не понимал, скользил взглядом слева направо, но ничего не складывалось.

«Что же это такое? Знаки? Буквы?» И снова пробежал глазами две строки. Определенно, да, две строки, но...

Тут наконец кликнуло в голове: справа налево, вот же оно. Пламенные буквы иврита. Все мгновенно, сделав неуправляемое движение внутри мозга, перестроилось, не тронувшись с места, и встало в четком и стройном, осмысленном порядке.

Только вот иврита он не знал. Дедушка-раввин, пристукнутый советской властью, как гвоздь, по самую шляпку, не сумел настоять и научить его.

Меерович тряхнул головой, боязливо закрыл глаза, хотел досчитать до десяти, но не выдержал, открыл на счет «три», и благодарность плеснула внутри: надпись была на месте. Он рывком встал и вышел в коридор, хотелось пройтись.

— *Es tarde, señor*¹, — раздался мягкий голос за спиной. «Мексиканец, Диего Ривера наш», — подумал Меерович, сделал на лице вежливую улыбку и обернулся. Уборщик стоял у стены, неподвижный, с ведром и шваброй, а почему-то казалось, с винтовкой. Не зря вспоминался герой Джека Лондона: непонятно, что горело у него в глазах. Меерович по старой привычке чувствовал неловкость перед мексиканцем

¹ Поздно, сеньор (исп.)

— он-то сидит в своем офисе, а парень работает с утра до ночи на грязной и тяжелой работе.

— Да и правда поздно. — Он вернулся, подхватил портфель, бросил на доску последний взгляд и вышел мимо вежливо посторонившегося Диего. — *Vuenas noches*, — попрощался Меерович зачем-то по-испански.

Завтра надо зайти в соседний корпус, к Менахему, гебраисту. Что это за слова, откуда взялись? Сколько же случайностей в нашей жизни, просто забавно.

Наутро он открыл дверь в офис и долго в оцепенении смотрел на доску, снова белую и сияющую непорочно и стыдливо. Выскочил в коридор и наткнулся на Диего.

— Что ж ты сделал? — Диего не понимал, смотрел испуганно. Меерович устыдился, спросил спокойнее: — Ты вымыл ее? — Показал жестом, прибавил: — Вот! — И указал на мерцающую слабо доску.

Диего улыбнулся до ушей:

— Да, сеньор. Мне прислали специальную жидкость.

— А... да. Специальную жидкость. Спасибо, большое спасибо. — И Меерович, сделав усилие, приветливо улыбнулся.

— Не за что! — Диего улыбнулся еще шире. — Что еще я могу сделать?

— Спасибо, больше ничего. — Меерович продолжал стоять, потом развернулся и побрел к себе. «Вот ведь идиотизм», — подумал он. Ладно, пора делами заняться.

— Диего, ты все сделал как надо. — Сидевший в полутьме сделал мягкий округлый жест ладонью. — Верни мне остаток жидкости.

Рука протянулась, Диего вытащил из кармана пузырек, вложил в руку, очередной раз подивившись, какая же она холодная.

— Я хочу теперь тебе объяснить кое-что. Ты заканчиваешь пятый год послушания в ордене чистильщиков. — Говоривший встал, не выходя из темноты, мягко прошелся вправо-влево. — Бог, в своей неизреченной милости, посылает людям знаки. А мы должны решать, кто достоин их, а кто нет. Мы, и только мы. Если человек — а он слаб — не видит знаков Бога или не торопится их прочесть, мы должны стереть их. Слабый и нечуткий человек не сумеет употребить их на благо. Ты еще пока не знаешь, что такое благо, но ты дорастешь до этого. Иди, да пребудет с тобой Всевышний. Отдохни три дня и молись.

Диего низко склонился, замер на секунду, потом распрямился и, пятясь, вышел из комнаты. Прошел через две двери, спустился по лестнице, сел в старенькую «мазду». Три дня! А теперь домой. Ведь там лежит бумажка со срисованными буквами. Надо разобраться. Время есть.



Байки старого препода

В.Н. Давыдов



Если много лет работаешь со студентами, то неизбежно становишься свидетелем множества забавных и запоминающихся историй. Отчасти — они отражение нашей многогранной и противоречивой действительности.

Во все века хорошим тоном было ругать молодежь. Старшее поколение традиционно обвиняло молодых людей в легкомысленности, распушенности и нежелании трудиться. Вот и нынешние — вызывающе одеваются, прилюдно целуются, а также — о ужас — пьют пиво на улицах...

Убеленные сединами и обремененные склерозом пожилые люди начисто забывают, как они вели себя в юности. А ведь и они носили расклеванные брюки, пили под детскими грибочками «Солнцедар», нецензурно выражались и даже обнимались и целовались в общественных местах. Все это старшее поколение делало с большей опаской, чем нынешнее. Не потому, что оно было лучше, а потому, что было менее свободным. Поэтому, как говорится в какой-то рекламе: «Нет, мы так никогда не жили, мы только мечтали так жить!»

С 2011 года российское высшее образование стало двухуровневым: бакалавриат — магистратура. При переходе на новую систему были тщательнейшим образом пересмотрены учебные планы бакалавриата (четыре года обучения) — на предмет того, от чего можно избавиться. Во многих гуманитарных вузах избавились от естественных наук. Физику и химию учат в школе, зачем они будущим экономистам?

А мне все вспоминается один случай. Принимаю я экзамен по концепциям

современного естествознания у заочников. Студентка, окончившая школу три или четыре года назад, отвечает на вопросы билета. Отвечает — это такой оборот речи. На самом деле совсем даже не отвечает, а как говорят — ни в зуб ногой. Ставить ей «неуд» не хочется, поскольку заочница, а значит, скорее всего, у нее работа, семья. Понятно, что на концепции времени не хватило. Задаю последний и спасительный вопрос: — Вы как полагаете, что вокруг чего крутится — Солнце вокруг Земли или наоборот?

С удивлением замечаю признаки легкого замешательства, после чего слышу в ответ:

— Я как-то об этом не задумывалась. «Неуд» я все-таки в этот раз поставил, но трагедии не произошло, поскольку через несколько дней состоялась передача с удовлетворительным результатом. Конечно, надо оптимистичнее смотреть на мир. Два века назад барышня, не колеблясь, выдала бы неправильный ответ, а наша современница все-таки сомневалась.

Психологи говорят, что внутри каждого взрослого человека сидит ребенок. У кого-то большего, у кого-то меньшего возраста. (Например, мой ребенок — это ученик начальных классов, и в основе моего мироощущения лежит восприятие мира именно в этом возрасте.) В процессе жизни человек приучается прятать своего внутреннего ребенка от окружающих, но это происходит не сразу.

Студент-первокурсник с точки зрения социальных функций вроде бы уже взрослый, поскольку учеба дело серьез-

ное и ответственное. Но с точки зрения возраста (большинству первокурсников нет 18 лет) — настоящий ребенок.

Такая гремучая смесь детскости и взрослости иногда становится большой проблемой для преподавателя. Попробуйте успокоить и заставить работать на лекции разыгравшегося двухметрового бутуза. К третьему курсу студенты заметно взрослеют, и больше всего этот процесс заметен у мальчиков. Девочки к тому времени, как правило, уже давно взрослые.

Как-то после лекции наблюдаю собрание первокурсников, которые собираются куда-то на природу и обсуждают детали предстоящей прогулки.

— А взрослые с нами поедут? — спрашивает один студент.

— А водки сколько будем брать? — через минуту вопрошает другой.

Пожалуй, сильнее всего реорганизация нашего образования затронула среднее профессиональное звено. В течение ряда лет было не очень понятно, нужно ли оно вообще. Но оказалось, что нужно, и его стали организовывать даже на базе высших учебных заведений. Это произошло и в вузе, где я работаю.

Поручили мне как-то вести занятия по химии с учащимися факультета среднего профессионального образования — это ребята, окончившие девять классов. Похоже, что учеба в школе у большинства не заладилась и родители решили отдать чад сразу в университет, — может быть, там они чему-нибудь научатся.

Возраст, конечно, еще тот — период тестостероновой бури и натиска. Разговаривать с такими студентами почти так

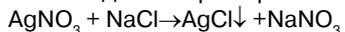


Фото: Евгений Захаров. Фотобанк Лори

же опасно, как идти по минному полю. Превратно истолковать могут каждое слово. Например, ни в коем случае нельзя спрашивать, кончили ли они конспектировать содержание слайда. Приходится осведомляться — хватило ли им времени, или завершили ли они свою работу. Тестостерон вообще плохо действует на мозги — не зря успеваемость большинства школьников в седьмых-восьмых классах падает.

Мои студенты химию в глаза не видели. Для меня загадка, как большинству из них удалось сохранить столь девственное сознание. Доходит у нас дело до реакций обмена — ничего не понимают. И тут меня посещает светлая мысль, как им эти реакции объяснить.

— Представьте себе, что вы на дискотеке и танцуют две пары — мальчики с девочками. Мальчики — это металлы, девочки — кислотные остатки. Отношения не сложились, поэтому они решили поменяться партнерами. Вот теперь полная идиллия, а одна пара даже выпала в осадок. Например:



Поняли! С азартом исправили ошибку на доске, где в одну формулу их товарищ соединил атомы двух металлов. Возмущенно кричали ему с мест:

— Ну ты и извращенец!

Потом проверил на первокурсниках — им тоже помогло.

Как-то записались ко мне в химический кружок два десятиклассника, Володя К. и Костя И. Выяснилось, что больше всего ребята любят опыты со взрывами и у них даже есть для этого хорошее руководство. Сообщение о хорошем руководстве меня заинтри-

говало. В те времена Интернета еще не было, а ксероксы хранились за железными дверями с печатями.

Однако юные химики не долго держали меня в неопределенности.

— У нас есть книга по технике безопасности при работе с легковоспламеняющимися веществами. Мы читаем, что там написано, и делаем все наоборот.

Любая лекция — это общение студентов и преподавателя, но складывается оно по-разному. Есть группы и потоки, где читать лекции — великое удовольствие. Студенты внимательно слушают, задают вопросы, спорят. Спорщиков я люблю больше всего. Такие студенты — лучшая опора преподавателя. Конечно, если последний не корчит из себя всезнающего гуру, а честно признает, что в каких-то специальных вопросах не разбирается. Разъяснить эти специальные вопросы и предлагается спорщику. Опыт показывает, что разъяснения готовятся очень тщательно, произносятся с горящими глазами, и с этого момента в студенческой аудитории у вас появляется свой человек.

Лучше всего у меня складываются отношения со студентами, которые специализируются в использовании математических методов в экономике. Эти специальности требуют логики, а ею хорошо владеют выпускники физико-математических лицеев, которых много на данном факультете. Но ведь наряду с «логиками» приходится работать и с «сенсориками», и с «этиками». Когда собирается группа или поток из таких студентов, преподавателю-логике остается только рвать последние волосы из своей и так уже небогатой шевелюры.

Моя роковая группа специализировалась на связях с общественностью. Логика, конечно, для таких спецов не самое важное. Общественностью легче управлять через эмоции. Соответственно моя группа состояла в основном из студенток-этиков, которые знать ничего не хотели о концепциях современного естествознания. Я затрачивал уйму энергии, чтобы добиться хотя бы относительной тишины в аудитории —

девочки предпочитали обсуждать более насущные для своей жизни вопросы.

Стремясь хоть как-то пробудить их интерес, однажды на лекции я рассказал трогательную историю личной жизни монаха Раймонда Луллия. Несчастный юноша потерял свою возлюбленную из-за ее неизлечимой болезни. И, о чудо, в аудитории стало тихо. Я уже открыл рот, чтобы объяснить устройство придуманной Луллием машины открытий, но вдруг увидел поднятую девичью руку. Вот это да! Значит, и здесь есть интересующиеся наукой девушки.

— Пожалуйста, что Вы хотели спросить?

— А какой болезнью болела девушка?

Я очень люблю метод аналогий. Чтобы решить какую-нибудь задачу, вспоминаешь уже решенные из самых разных областей жизни и переносишь методы их решения на новую.

Студенты тоже любят метод аналогий и охотно им пользуются. Вот как-то на лабораторной работе мы составляли названия комплексных соединений. Названия получаются длинные, но алгоритм их построения элементарный. Студенты с удовольствием произносили мудреные термины: гексагидроксохромат (III) калия, тетрагидроксоцинкат калия...

— А если ион свинца в качестве комплексобразователя?

— Ну, понятно — гексагидроксоцинкат!

Аналогия подвела: правильное название — гексагидроксоплюмбат (II) натрия.

Или еще один случай. Многие химические явления напоминают проявления жизни. Это и ртутное сердце, которое сокращается подобно живому, и фараоновы змеи, выползающие из кусочка роданида ртути, и, наконец, силикатные растения — похожие на водоросли побеги, которые вырастают за 10—20 минут, если в пробирку с раствором силиката натрия бросить кусочек растворимой соли кобальта, никеля или хрома. Два века назад эти «химические водоросли» смущали даже умы серьезных ученых — уж больно были похожи на живые.

Сегодня, конечно, никто не поверит в зарождение жизни в пробирке с



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

силикатом натрия. Но студенты, затрудняющиеся найти причины роста силикатных растений вверх и только вверх, используют понятную аналогию:

— Силикатные растения растут вверх потому, что к солнцу тянутся!

Настоящая причина прозаична: раствор внутри оболочки силикатного растения имеет меньшую плотность, чем окружающий. Поэтому когда оболочка лопается под действием осмотического давления, он всплывает вверх, порождая новый «побег» силикатного растения.

Бывают аналогии и профессионального характера. Студентка экономического вуза бойко отвечает на вопрос билета о химических связях, перечисляя их типы.

— Связи бывают ковалентные, ионные, а еще... донорно-акционерные.

Хотя, конечно, все эти ошибки просто пустяки. Вот Карл Маркс решил по исторической аналогии, что следующим правящим классом будет рабочий, и всем известно, что из этого вышло.

В книгах по психологии встречается описание одного любопытного эксперимента. К испытуемому постепенно приближают чистый лист бумаги, предвительно попросив его сообщить, когда станет видна точка в центре. Рано или поздно испытуемый эту несуществующую точку начинает видеть.

Подобные «видения» сплошь и рядом наблюдаются у студентов на лабораторных работах по химии. Они видят выпадение осадков в совершенно прозрачных растворах, изменение окраски индикатора, которой в действительности нет, и еще много чего, что по теории должно было бы происходить.

Как-то раз при обсуждении опытов по теме «Гидролиз» один мой студент рассказал:

— Я опустил две лакмусовые бумажки в раствор хлорида натрия. Красная стала синей, а синяя красной...

Люди бывают разные, и это совершенно не зависит от их национальности. Но мой студент Линь был, несомненно, китайцем. Об этом свидетельствовал уже русско-китайский словарь, который

он всегда держал на своем столе.

Поначалу мне показалось, что Линь очень прилежный студент. Пару раз он просил файлы презентаций моих лекций, ссылаясь на плохое знание русского языка. Однако лабораторные работы свидетельствовали об обратном. В начале каждой лабораторной Линь присутствовал, но в конце его почему-то в аудитории не оказывалось. Исчезал он по-английски, не прощаясь.

Когда пришло время сдавать зачет, Линь протянул мне тетрадь и с виноватым видом сообщил, что отчет он написал по-китайски. Страницы пестрели иероглифами, среди которых лишь изредка попадались уравнения химических реакций. Это было единственное, что я смог там понять. Но не будешь же ставить человеку «неуд» только за то, что он плохо понимает по-русски, а преподаватель совсем не понимает по-китайски. Наверное, правы те, кто считает, что китайцы не лыком шиты.

А эта история случилась лет пятнадцать назад на экзамене по физической химии. Студентке попался вопрос о первом законе термодинамики. Она довольно бойко излагала материал. Все шло хорошо, пока не дошла очередь до уравнения:

$$\Delta U = Q - W.$$

Уравнение вообще-то тоже было написано верно. Я, чтобы уточнить знания студентки, попросил ее рассказать, что обозначает каждая буква, и получил в ответ молчание.

Сначала я, естественно, подумал, что ответ списан со шпаргалки. Однако в ходе дальнейшей беседы быстро убедился, что был не прав — студентка совершенно свободно воспроизводила фрагменты моих лекций, абсолютно ничего не понимая.

Так я впервые встретился с человеком, обладающим уникальной фотографической памятью. В детстве она есть у многих, в младших классах я тоже мог воспроизвести только что увиденную страницу текста. С возрастом фотографическая память сильно слабеет, однако бывают и исключения...

Есть такой бородатый анекдот о студенте, готовом сдавать что угодно, хоть китайский язык, было бы время шпоры написать. Студент из этого анекдота мне встретился совсем недавно. Я принимал в разных группах экзамены по двум дисциплинам: теоретическим основам прогрессивных технологий (химия) и концепциям современного естествознания. Дисциплины в чем-то родственные, но лишь отдаленно. В первой — речь о химии и ее практиче-

ских приложениях, во второй — обзор развития и достижений естественных наук: физики, химии, биологии. Соответственно и вопросы для подготовки тоже разные.

Принимаю экзамен по концепциям современного естествознания. Заходит парень из вчерашней группы, которая сдавала основы прогрессивных технологий, с направлением из деканата. Говорит, что не мог вчера, поэтому пришел сегодня.

— Ну ладно, хорошо, что хоть сегодня пришли. Берите билет, готовьтесь.

Через некоторое время студент садится отвечать и делает это, прямо скажем, не блестяще. Подсматривает все время в свои записи, но на тройку вполне тянет. Беру со стола направление, чтобы поставить оценку, и тут моя рука замирает. Поскольку я вижу, что сдавать он должен не тот экзамен.

— Вам все равно, что сдавать? И что мне теперь делать, давать вам билет по теоретическим основам?

Наверное, я плохой преподаватель, не умею я быть требовательным и строгим. Да еще и воспоминания нахлынули о моих студенческих годах, а в голове закрутилась песня Владимира Высоцкого: «Расстреливать два раза уставы не велят». Взял я тогда грех на душу, поставил тройку.

Как-то раз принимали мы с коллегой экзамен. Занятие это многочасовое, и мой напарник пошел слегка освежиться. Однако через пару минут он снова появился в аудитории и отдал студентам команду, от которой я слегка опешил:

— Всем поднять волосы!

Через мгновение в ухе одной из студенток обнаружился наушник, а она сама оказалась за дверью аудитории.

Вот это круто! Сам я наверняка просто пожурил бы обманщицу, но мой коллега был преподавателем жестким и решительным. Выйдя из аудитории, он увидел рядом на скамейке студента, который старательно надиктовывал ответ в мобильник.

Но техника не стоит на месте, она развивается семимильными шагами. Моя следующая встреча с «операцией Ы» произошла всего через полгода. На экзамене по химии я услышал, как из коридора довольно громко диктуют ответ на вопрос по электрохимии. Выглянул из аудитории — диктовать перестали. Вспомнил старый опыт и отдал команду:

— Всем поднять волосы!

Не тут-то было, никаких наушников в ушах мне обнаружить не удалось. Может быть, их научились вставлять в какие-то иные места? Нет ответа, хитры будущие экономисты...



В июне 2009 года начал работать новый федеральный портал «Нанотехнологии и наноматериалы» (www.portalnano.ru). Проект был реализован ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика» по контракту с Министерством образования и науки России в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации в 2008—2011 годах». В чем принципиальное отличие этого ресурса от всех уже существовавших на тот момент? Ведь в последние пять—десять лет аналогичных порталов появилось довольно много. При официальной презентации нового федерального портала один из модераторов сайта Валентина Воронина (старший специалист-эксперт отдела регионального сотрудничества и инфраструктуры Роснауки) сказала: «Впервые мы публично говорим, на что тратим деньги». На страницах портала помимо описаний проектов, поддержанных государством, размещены последние отечественные и зарубежные разработки в области нано, популярные и научно-аналитические статьи, нормативно-правовые акты, на которых основана работа наноиндустрии, перечень предприятий, работающих в этой области, а также ассортимент выпускаемой ими продукции. Портал ориентирован на самую разную публику — от серьезных исследователей до домохозяек.

Главная задача проекта — информировать россиян обо всем, что происходит в мире нанонауки. Например, о результатах (и изобретениях), которые были получены в ходе реализации федеральных целевых программ. Так, на www.portalnano.ru можно прочитать о «способе обработки термически нестойких материалов холодной плазменной струей» или о «физико-химических основах создания высокоэффективных динамических мембран с использованием нановолокон оксида алюминия».

За месяц до официального запуска, когда портал еще работал в тестовом режиме, его посетили жители 58 стран, причем каждый день было зафиксировано более 1200 просмотров. Два года назад сайт содержал более трех тысяч страниц. Чтобы можно было ориентироваться в таком большом материале, был создан рубрикатор с подразделами: географическим, научным, технологическим, отраслевым и другим. Как говорят создатели ресурса, у портала «интуитивно понятный интерфейс».

Что изменилось с момента открытия сайта за два года? Ресурс стал официальным средством массовой информации и недавно зарегистрирован в реестре федеральных государственных информационных систем. Портал посещают более 4000 человек в день, причем не только из России, но и из Китая, США, Израиля, Германии, Швеции — всего из 105 стран.

Отдельные материалы публикуются на других языках, кроме русского, — в основном их можно найти в разделе «Международная нанопанорама». Количество таких материалов с каждым месяцем растет, ведь важно понимать, как идут исследования и развиваются нанотехнологии в других странах. На портале есть информация о всех nanoорганизациях Германии, Великобритании, Финляндии, США. Есть даже интерактивные карты, показывающие расположение компаний. В разделе можно также подписаться на информационную рассылку зарубежных ресурсов. На сайте добавилось много новых

рубрик, в частности «Всероссийские школы-семинары студентов, аспирантов и молодых ученых», «Удаленный доступ к уникальному оборудованию nanoиндустрии» и другие. Более подробно теперь представлена рубрика «Реализация Федеральных целевых программ». В ней появился подраздел «Исполнители о проектах», где научно-исследовательские и образовательные организации выкладывают отчеты о проделанной работе и презентуют новые проекты.

На главной странице портала теперь есть «Календарь событий», в который каждый может добавить информацию о предстоящих «нанособытиях». Сведения публикуют после модерации — это гарантирует службу поддержки сайта.

Также готова библиотека публикаций по нанотехнологиям и наноматериалам. Собрано уже более 100 источников: книг, статей и сайтов. В ближайшее время появятся мобильная версия портала, видеотека.

На страницах портала круглый год освещаются всевозможные конкурсы — для школьников, студентов, аспирантов, кандидатов и докторов наук, журналистов, блогеров. Среди них такие престижные, как «Конкурсы на право получения грантов Президента РФ», «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года», «Российская молодежная премия в области nanoиндустрии».

Новыми материалами пополняется и раздел, в котором размещены интервью с представителями российской nanoиндустрии. Последние публикации — это экскурс в историю отечественных разработок в области нанобиотехнологий (интервью с профессором, руководителем лаборатории Института биоорганической химии РАН Д.А. Долгих,); рассказ о наномашинах будущего, которые уже сейчас проектируются на биологическом факультете МГУ (интервью с профессором К.В. Шайтаном), секреты современного производства энергоемких аккумуляторов (интервью с кандидатом технических наук, сотрудником МИЭТ А.А. Строгановым).

При информационной поддержке портала проходят презентации результатов проектов, реализованных в рамках Федеральных целевых программ. Одна из них состоялась 27 сентября 2011 года. На ней сотрудники Государственного университета управления доложили результаты выполнения проекта «Развитие информационно-аналитической инфраструктуры для проведения маркетингового анализа динамики рынков нанопродуктов на среднесрочную перспективу и разработки методических рекомендаций по формированию нанопродуктовых кластеров в Российской Федерации». Благодаря видеосвязи участники презентации могли общаться онлайн с представителями организаций nanoиндустрии и ведущих вузов страны. На портале можно было посмотреть прямую трансляцию.

Сегодня портал — информационный партнер всех крупных мероприятий nanoиндустрии. Но развитие ресурса на этом не заканчивается. Создатели портала уверены, что его «золотой век», как и у самой нанотехнологии, еще впереди.





Наука в зоопарке

Доктор ветеринарных наук

Д. Б. Васильев,

ведущий герпетолог Московского зоопарка

Не описанный ранее вид ленточного паразита у питона Бёлена. Увеличение x 400. Виден край членика червя, окрашенный квасцовым кармином, его половой орган (циррус), который выглядит как полупрозрачный сосочек. (Здесь и далее фото автора)

Как-то мне попала зарубежная научная статья, авторы которой задавались вопросом: а должны ли зоопарки заниматься наукой? Ведь их задача заключается в том, чтобы сохранять, размножать и экспонировать животных. В такой организации наука как бы и не нужна, да и не предусмотрена. В нашей стране зоопарки относятся к Министерству культуры или их финансирует мэрия, если бюджет позволяет, а градоначальник любит животных. Научные исследования стоят очень дорого, и заниматься ими могут только крупные зоопарки, находящиеся на дотации.

Главная задача зоопарков — разводить животных, потому что это обменный фонд. В Советском Союзе вообще нельзя было купить зверей, существовал только безвалютный обмен. Мы могли получить потомство от каких-то животных, отправить в зоопарк на Запад и принять кого-то в ответ. Существовали финансовые эквиваленты обмена. Скажем, орангутанг стоил примерно 30 тысяч долларов, а китайский аллигатор — 100 тысяч. Таких дорогих рептилий мало, и мы могли, разведя крокодилов, получить орангутангов с Суматры или с Борнео.

Поэтому наука в зоопарке, если она есть, направлена на то, чтобы животные хорошо размножались, жили как можно дольше и не болели. То есть это фактически прикладная отрасль зоотехнии или ветеринарии. И поскольку подавляющее большинство обитателей зоопарка не входят в зону традиционной зоотехнии и нормальной ветеринарии, перед специалистами постоянно возникают проблемы, решение которых требует исследований.

Обогащение среды

Одна из специфических задач зоопарка — создание адекватных условий обитания. Содержание в неволе — суровое испытание для животных. Их природная среда гораздо богаче, чем ящик со стеклянными стенками, и никакие качели и колесики, установленные в клетке, этой проблемы не

решают. Даже если животное проживет в зоопарке дольше, чем в природе, и будет размножаться, это не значит, что оно не испытывало хронического стресса. У некоторых видов, помещенных в клетку, даже не самых интеллектуальных, возникают стереотипии: они начинают сновать туда-сюда. Это борьба со скудостью среды. А есть животные, которые, подобно хамелеону, сидят неподвижно и внешне никак не реагируют на сотрудников и поток посетителей, стучащих в стекло. Что они при этом испытывают, понять трудно. Можно, например, померить у хамелеона уровень кортикостероидов. Раньше для этого надо было рептилию поймать и взять у нее кровь, что само по себе стресс, но сейчас можно определять уровень гормонов в экскрементах.

Стрессуемость животных в неволе зависит от их территориальности: территориальные виды плохо переносят постоянный поток людей. Но о поведении пресмыкающихся в природе известно очень мало. Многие люди за всю свою жизнь не встречают ни одну змею. Радиометки и датчики



фото С. В. Мамета

Бушмейстер не выносит соседей и вторжения на свою территорию



Зеленая игуана не стремится к уединению и хорошо переносит содержание в неволе

сложно устанавливать на мелких и скрытных животных, кроме того, сигнал плохо уловим из норы или при роющем образе жизни рептилии. Этот метод обычно применяют для крупных и активно перемещающихся видов, таких, как, например, вараны или морские черепахи. Герпетология всегда отставала от других разделов зоологии именно потому, что у нее довольно неудобный объект исследования. Известны виды, живущие колониями, например зеленые игуаны, у которых описаны 52 ритуальные позы. Они должны хорошо переносить содержание в неволе. А есть виды, у которых очень жесткое индивидуальное пространство, они не выносят присутствия соседей и только в сезон размножения допускают перекрывание индивидуальных участков. Такова, например, змея бушмейстер: ей для размножения пришлось обеспечить отдельную климатическую камеру, полностью имитирующую природный биотоп, и видеонаблюдение, чтобы избавить ее от посещения сотрудников. Однако не все так однозначно. Порой животные в густых поселениях терпеть друг друга не могут, а виды, которые живут одиночно, тем не менее лояльны к соседям. Лишь понаблюдав за животным в зоопарке, можно понять, как оно переносит неволю.

Многие виды рептилий кажутся абсолютно безразличными к окружающей обстановке. Крокодилы и змеи проводят часы в полной неподвижности. Но посетители видят их днем, а это животные с сумеречной активностью. То, что днем крокодилы лежат открыв рот и не шевелятся, нормально. Они ушли бы куда-нибудь в кусты, но здесь нет кустов. В природе их днем не найдешь, как и змей. А если приехать на водоем ночью, будут видны горящие глаза: рептилии охотятся, чем-то занимаются. Даже на крокодиловых фермах их поведение гораздо разнообразнее, чем в зоопарке.

В общем, проблем с адекватной средой обитания много, одни пока кажутся нерешаемыми, а о других мы, возможно, еще не знаем.

Кормление

Кормление животных — тоже непростая задача. Вот, например, такая простая ситуация: многие змеи едят только змей. Техасский зоопарк Форт-Уорт, один из лучших в США, в качестве корма для королевской кобры заказывал в свое время посылками из Африки ядовитых ужеобразных бумслангов, змей не очень дорогих, но интересных — некоторые зоопарки не отказались бы иметь их в своей коллекции. А мы за два года научили кобру есть грызунов. Следующий абзац, в котором рассказано, как мы это делаем, впечатлительным небиологам лучше пропустить.

Сначала кобре предлагают живую гадюку, потом дохлую размороженную, затем к ее хвосту пришивают теплую мышку без шкуры. (Хвост гадюки вставлен мышке в рот.) При этом



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ее натирают, чтобы она пахла гадюкой. Кобра начинает заглатывать змею, доходит до хвоста с мышью и долго думает, отрыгнуть ей незнакомую еду или нет. Но гадюка-то уже довольно глубоко в животе. Поэтому кобра глотает и мышку. Приучение к новому корму требует много времени, змеи едят редко — раз в неделю. Но через какое-то время она будет есть пропахшую змеей мышку без шкуры, потом станет есть ее в шкуре, а затем начнет ловить живых мышей. (Крупные змеи едят крыс.) В Московском зоопарке почти все офеофаги, то есть те, кто в природе ест змей, питаются грызунами. Другое дело, что лабораторные корма очень отличаются от природных по своему составу, в основном избытком жиров и химическим составом триглицеридов. Это приводит к ожирению и жировой дистрофии печени, которая регистрируется на вскрытии почти у 60% хищных рептилий, содержащихся в неволе.

Еще одна проблема — нехватка растительной пищи. Змеи не едят траву, но они заглатывают свою жертву вместе с содержимым ее кишечника. Микрофлора толстой кишки травоядных вырабатывает витамины К и В₁₂, которые хищник употребляет, съедая добычу целиком. И когда мы даем змее тушку лабораторной мыши, которая к нам ехала полдня, а потом хранилась в морозильнике, рептилия, конечно, не получит всех необходимых веществ.

Некоторые люди держат экзотических рептилий дома и тоже рассказывают о проблемах с их питанием. Но их трудности другого рода и зачастую вызваны невежеством. Ко мне как-то обратился за помощью человек, который кормил своего варана мясом гремучей змеи. Покупал в каких-то супермаркетах. Варан, правда, был из Африки и с гремучими змеями встречаться никак не мог. Хозяин так кормил варана не потому, что выпендривался, а потому, что хотел как лучше. От безумно дорогого, но плохо размороженного мяса у варана развился сначала атрофический гастрит, а затем прободение желудка, и его содержимое просто вывалилось в полость тела. Спасти варана не удалось. В зоопарке такое не случится никогда, потому что мы хотя бы разморозим мясо.

Болезни

Болезни диких животных стали интенсивно изучать только в последние годы. Это весьма дорогое и наукоемкое исследование, заниматься ими в естественных условиях сложно, потому что больное животное в природе демонстрирует себя человеку и своим врагам очень недолгое время. Потом оно исчезает. Так что если вы в природе найдете одного больного зверя, это большая удача. Но в зоопарке совсем другие выборки. Здесь достаточно больных и старых животных, постоянно доступных для наблюдения. Необходимость содержать в одном месте большое количество видов позволяет снабдить материалом специалистов в самых разных областях биологии, и зачастую это не сотрудники зоопарка.

Когда животное заболевает, приходится подбирать ему лекарства и определять возбудитель болезни. А это непростая задача, даже если речь идет о таких известных болезнях, как



Хамелеон Парсона — обитатель террариума

сальмонеллез или туберкулез. У сальмонеллы около 2000 вариантов (сероваров). Все, что мы посылаем на определение, проверяют старыми методами – посевом на селективные среды. Как правило, найденный возбудитель попадает в группу «Редкие нетипируемые штаммы». А в Америке возбудителей определяют с помощью полимеразной цепной реакции. Этот метод точнее, быстрее и позволяет выявить больше штаммов, но все равно не все 2000. Чтобы типировать больше, надо проводить полноценные исследования для каждого варианта.

Такие же сложности с туберкулезом. Российские ветеринары могут определить три варианта микобактерий: бычий, птичий и человеческий, а их на самом деле около 20, причем у рептилий зарегистрировано 11 видов микобактерий. Но делать коммерческий диагностикум для всех штаммов нерентабельно, и опять нужны специальные исследования.

У людей и рептилий, по счастью, мало общих инфекций. Одна из них — сальмонеллез. Сальмонелла относится к условно-патогенной микрофлоре, и она есть почти у каждой нормальной рептилии. Но здесь все не так трагично, потому что нам с вами, чтобы заболеть, надо получить минимальную инфицирующую дозу, то есть проглотить полмиллиона клеток. Это достаточно много; чтобы получить такую дозу, надо совсем руки не мыть. Однако у детей в возрасте примерно 10 месяцев, когда их отлучают от груди, инфицирующая доза меньше, им достаточно нескольких тысяч бактерий. Тогда, конечно, даже если ребенок не тянет в рот черепашку и родители не мочут одной губкой его, соску и черепаший поддон, он заболевает. Тем не менее статистика показывает, что до 1977 года, когда ввели запрет на продажу черепах размером менее четырех дюймов (а такие черепахи уже довольно



Йеменский хамелеон с опухолью. Опухоль удалили, все закончилось хорошо

сильны и агрессивны, что не располагает к тесному личному общению), заболело около 300 тысяч человек в год, и было это связано с черепахами. После запрета заболеваемость людей снизилась более чем на 70, но сейчас снова несколько возросла, во всяком случае в США – данных по России нет. Заболевают 90 тысяч и заражаются в основном от игуан, у них другой штамм сальмонелл.

Еще одна общая инфекция — лихорадка Западного Нила, для средних широт нетипичная. Это арбовирусное заболевание передается через комариные укусы. Чтобы заболеть, нужны зараженные животные и переносчики заболевания. В 1999 году птицы занесли болезнь в Америку, и оказалось, что наиболее восприимчивы к ней крокодилы и лошади, хотя первыми от лихорадки умерли голуби и вороны. Для человека опасно соседство с большим количеством инфицированных комаров и зараженных животных, то есть с конезаводами и крокодильими фермами. (Комары кусают рептилий в область шва между чешуями.) С 1999 до 2005 года в Луизиане на фермах умерло 10 тысяч крокодилов и более 100 человек.

В человеческой медицине есть понятие «нозологическая единица». Это четкое описание болезни, включенной в реестр. У рептилий очень мало таких болезней, которые можно вписать в реестр. Картина их недуга обычно смазана. Но болеют они, видимо, всеми хворями, включая психические. Если на животных, которых тошнит от стресса, действуют человеческие успокаивающие препараты, то можно заключить, что это психогенная реакция. Например, когда мы получили из США диких хлыстовидных змей, оказавшихся чрезмерно возбудимыми, все наши попытки их накормить заканчивались рвотой в течение нескольких часов. Нам удалось купировать заболевание, используя человеческий препарат — трициклический антидепрессант amitриптилин.

Паразиты

Когда много животных из разных концов мира собраны в одном месте, они начинают обмениваться паразитами. Обмену способствуют тараканы, грунт, на котором раньше держали другое животное, ветер, вода. Мы поливаем клетки, пользуемся общими тряпками, и таким образом паразиты и яйца могут попасть в другой террариум. Это модель ситуации редкой в природе, когда животное встречается с новым паразитом за пределами его естественного ареала.

У нас в зоопарке жили два хамелеона Парсона, разведенных в неволе. Этого практически нереально добиться, потому что яйцо должно 18 месяцев пролежать в инкубаторе; обычно оно не выдерживает такого срока и загнивает. Но у нас хамелеоны вылупились, всего два, первые в Европе. Подростки до почти взрослого состояния — и умерли от аскаридоза. Нематод нашли даже вне кишечника, в полости тела. Я определил этих гельминтов как специфических аскарид крокодилов. Это были взрослые нематоды, спутать их ни с чем невозможно, поскольку они имеют очень характерное строение желудка. Но крокодилов в этом помещении никто не держал, там жили другие ящерицы. Видимо, после них не поменяли почву, может быть, в передаче паразита сыграли роль арибатины (почвенные клещи). В общем, откуда взялся этот гельминт, непонятно.

Другой пример — разведенные в неволе ночные обезьяны галаго. Сейчас они умирают от печеночного паразита альвеококка. В его жизненном цикле участвуют дикие псовые, например лисы и волки. Понятно, что в обезьяннике лис не держат, но яйца каким-то образом туда попадают. Источник заражения пока неизвестен. Эти данные имеют важное для зоопарка практическое значение, особенно если бы можно было провести полноценные исследования.

Но вообще животные, разведенные в неволе, как правило, чище и здоровее диких. Животные, пойманные в природе, страдают от процессов адаптации и дизадаптации, болеют



Этой черепахе со сломанной челюстью установили микропластину. Она меньше обычных пластин, которые используются для «человеческой» челюстно-лицевой хирургии, раза в два

редкими болезнями, и паразиты у них совсем другие. Я сам попал в науку, когда стал вскрывать очень редких питонов, которые дошли по непонятной причине. В результате я обратился во ВНИИ гельминтологии имени К.И. Скрябина, где один из сотрудников институтского музея мне сказал, что эти глисты, наверное, очень интересны для науки. Паразитов оказалось много, дальше пошла аспирантура и так далее.

Онкология

Онкология рептилий представляет особый интерес, а условия зоопарка — это уникальная возможность для ее изучения. Пресмыкающиеся страдают онкологическими заболеваниями гораздо реже, чем млекопитающие, а учитывая, что большие животные в естественных условиях долго не живут, найти их там практически невозможно. Сотрудники Смитсоновского института в США, который собирает информацию обо всех онкологических случаях у диких животных, вскрыли 3000 змей, отловленных в природе, и не нашли ни одной, больной раком. В зоопарках выборки совсем другие. Работая над докторской диссертацией, я за 20 лет верифицировал 47 случаев онкологии, хотя у меня было около трех с половиной тысяч вскрытий. Из обзоров мне удалось выяснить, что с начала XX века среди рептилий всего мира, содержащихся в неволе, верифицировано, то есть не только обнаружено, но и диагностировано морфологически, немногим более 300 случаев. Это очень мало, но встретить больных раком змей можно только в неволе.

Рептилии — интереснейшая для онкологов модель. В медицине различают пограничные с онкологией состояния, которые легко трансформируются в злокачественную опухоль. У пресмыкающихся часто возникает ситуация, которую можно классифицировать как пограничную. Не исключено, что при этом морфологически зрелые клетки рептилий способны проявлять полипотентные свойства, то есть поддаваться обратной трансформации.

Известно, что зрелые тромбоциты пресмыкающихся в условиях гипоксии могут накопить гемоглобин и стать эритроцитами или заняться фагоцитозом. У людей такого не бывает, а у рептилий случается. По всей видимости, подобные превращения зрелых клеток могут происходить и в пограничных ситуациях. С точки зрения фундаментальной науки такие наблюдения были бы интересны и для других областей, но эти исследования выходят далеко за рамки прикладного научного зоопарковского интереса.

Во многих случаях материал, полученный от зоопарковских животных, вызывал интерес у моих коллег или друзей из сторонних научных организаций. Например, в случае ганглионейробластомы у хамелеона сотрудники Онкоцентра РАМН специально для нас проводили иммуногистохимиче-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ские исследования и электронную микроскопию, а один из ведущих патоморфологов мира, академик, просидел несколько часов в Ленинской библиотеке, разбираясь с особенностями патогенеза опухолей у рептилий. В результате мы не только смогли классифицировать данную опухоль, но и доказали, что у рептилий бывают опухоли нервных тканей, ранее не обнаруженные у этой группы животных.

В этом вопросе еще остается множество белых пятен. Например, опухолевые поражения в группе животных часто принимают характер эпизоотической вспышки. Несколько лет назад мы получили партию из девяти персидских гадюк. Через некоторое время у одной появились быстро прогрессирующие новообразования на слизистой рта. Наши контакты с Онкоцентром позволили классифицировать эту опухоль как злокачественную гемангиоперицитому. Вскоре такие же образования появились и у других змей этой группы. Операции не помогли, и за полтора года мы потеряли все девять экземпляров. Логично в данном случае предположить инфекционную (вирусную) природу заболевания. Однако ни в этой, ни в сходных ситуациях обычно не удается обнаружить вирусный агент. Много сложностей остается и при лечении онкологических заболеваний. Попытки проведения химиотерапии, лучевой или фотодинамической терапии до сих пор практически единичны и не очень успешны. Вопреки распространенному мнению рептилии не намного устойчивей к лучевым поражениям, чем мы, и даже более чувствительны к химиопрепаратам нитрозомочевины или платины. Конечно, есть отдельные успехи и в этом направлении. Например, мы пытались проводить трансфузию костного мозга у игуаны с миелоидным лейкозом и достигли некоторого успеха. Но в целом первичного материала в этой области еще совершенно недостаточно для более фундаментальных обобщений.

Зоопарк — уникальное учреждение, в нем собрано множество животных, которых весьма трудно встретить в природе. Не проводить исследования в таком месте просто невозможно.

Мы все сравниваем себя с Западом. Там существуют два подхода. У богатых зоопарков, как правило, есть собственная клиника, которая обслуживает и зоопарк, и окрестные города. Другие же не имеют мощной ветеринарной базы и за плату приглашают специалистов. Собственного штата у них нет. В Московском зоопарке большой штат и достаточные площади, но нет денег на исследования. Зоопарк — не академическое учреждение. Если кому-то из сотрудников что-то интересно и есть возможность бескорыстно заинтересовать коллег, тогда получается результат. При отсутствии целевого финансирования наука в зоопарке делается на коленке. Мои операции — это военно-полевая хирургия, и я их делаю от безысходности. Я могу гордиться тем, что удалил черепахе почку, однако на самом деле эти достижения — не результат научных исследований. Это я вроде как блоху подковал.



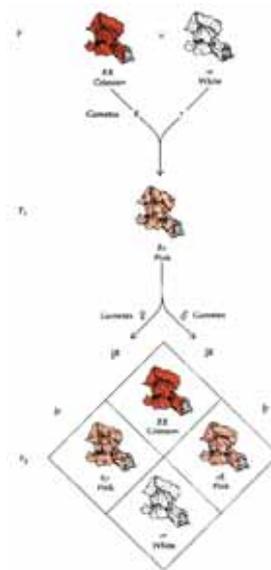
Красота генетики

Многие специалисты, увлеченные своей отраслью науки, считают ее красивой. В самом деле, некоторые науки эстетически привлекательны, к примеру кристаллография или наука о фракталах. Но красивыми, конечно, можно назвать не все науки: вряд ли этот эпитет подойдет, скажем, к физиологии животных. Впрочем, не буду вступать в спор о вкусах, а попробую в этом коротком очерке показать, что та наука, которой я занимаюсь более 50 лет, а именно генетика, не просто интересна (актуальна, полезна и пр.), но и действительно красива.

Генетика, как известно, — это наука об изменчивости и наследственности. Последние лет сорок изменчивость организмов изучают преимущественно на молекулярном уровне, выявляя различия организмов одного вида по белкам или по дезоксирибонуклеиновой кислоте (ДНК). Подход этот в научном плане оказался очень плодотворным, но получаемые результаты эстетического удовольствия доставить не могут. В первые же десятилетия существования генетики как науки исследователи изучали такие признаки организмов, как окраска, форма, нередко выбирая в качестве объекта красивые виды растений или животных. Например, одним из первых растений, на котором в начале XX века стали изучать явления наследственности и изменчивости, был львиный зев (рис. 1).

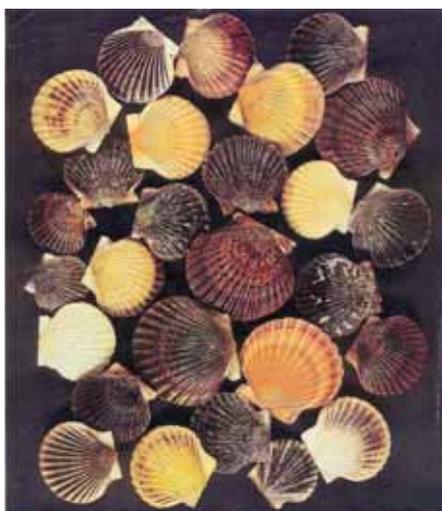


1
*Изменчивость окраски и формы цветка львиного зева (Баур Э. Введение в экспериментальное изучение наследственности. Приложение 8 к «Труды по прикладной ботанике». 1913).
Справа: генетическая комбинаторика — наследование окраски цветка львиного зева (F.J. Ayala, J.A. Kiger. «Modern Genetics». 1980)*



Некоторые объекты более недавних исследований также оказываются красивыми. На обложку «Journal of Heredity» помещают наиболее эффектные цветные фотографии из статей данного номера. Одна из таких фотографий демонстрирует изменчивость окраски очень красивых раковин — раковин морского гребешка (рис. 2). В статье описано наследование этих различий по окраске, а сейчас китайские исследователи построили подробные генетические карты хромосом морского гребешка, изучив его геном, — конечно, не за красоту раковины, а потому, что этот моллюск — важный объект аквакультуры. Раковину морского гребешка нередко изображают на произведениях искусства; наиболее известное из них — «Рождение Венеры» Боттичелли.

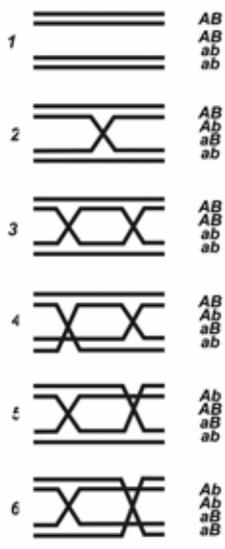
2
*Слева — изменчивость окраски раковин морского гребешка («Journal of Heredity», 1988, т. 79, № 1, обложка),
рядом — Сандро Боттичелли.
«Рождение Венеры»*



Красивыми можно назвать не только форму или цвета живых организмов, но и (конечно, употребляя слово «красота» в другом смысле) математические выражения. Как точная наука, генетика берет начало от экспериментов Грегора Менделя. Наблюдая за признаками потомства от скрещиваний разных форм гороха, он обнаружил, что в последующих поколениях родительские признаки не исчезают и не «разбавляются», а появляются в определенных простых соотношениях.

Если родители отличались по одному признаку, то соотношение форм во втором поколении их потомства будет 3 : 1, если по двум признакам — 9 : 3 : 3 : 1 и т. д. Все эти эмпирические соотношения, в опытах наблюдаемые достаточно точно, есть реализация простой математической модели $(3 + 1)^n$, где n — число рассматриваемых признаков. Такая модель основана на комбинаторике родительских генов при образовании и соединении половых клеток и наглядно иллюстрируется так называемыми решетками Пеннета (рис. 1, справа). Красоту этой модели может оценить тот, у кого есть «комбинаторная жилка» (воспользуюсь выражением Владимира Набокова).

Только что речь шла о признаках, гены которых располагаются в разных хромосомах. Если же два гена лежат в одной хромосоме, они тоже перекомбинируются, но механизм комбинирования здесь другой — не пересортировка хромосом, а так называемый кроссинговер. Не буду здесь описывать детали этого процесса, а приведу графическую схему, иллюстрирующую последствия кроссинговера в зависимости от того, сколько раз и каким образом хромосомы обменялись своими участками



3
Схема, иллюстрирующая последствия кроссинговера при разном числе обменов. Похожие орнаменты можно видеть на минарете мечети Биби-Ханум в Самарканде (справа)

(рис. 3). В приведенной схеме можно разглядеть элементы изящных геометрических орнаментов.

Подобные узоры можно заметить в убранстве многих памятников архитектуры Узбекистана. Орнаменты на стенах усыпальницы Тамерлана (рис. 4) и гарема хивинского хана (рис. 5) особенно точно «воспроизводят» схематические изображения множественных обменов хромосом.

От изменчивости признаков и закономерностей их наследственной пере-

4
Орнамент на внутренней стене мавзолея Тамерлана Гур-Эмир в Самарканде



5
Орнамент на стене ханского гарема в Хиве

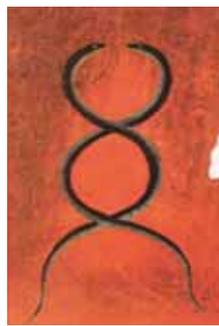


дачи перейду к материальной основе наследственности — молекуле ДНК. Эта молекула, истинная основа жизни, сама по себе прекрасна.

Джеймс Уотсон и Френсис Крик в 1953 году расшифровали рентгенограммы молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты. К этому времени уже было доказано, что ДНК — «вещество наследственности», носитель генетической информации. Оказалось, что структура молекулы ДНК — двойная спираль, в которой две сплетенные цепи расположены антипараллельно. Такая структура сразу же позволила объяснить, как гены воспроизводятся (редуплицируются). В то же время открытая Уотсоном и Криком структура оказалась исключительно красивой, возможно, более красивой, чем структуры каких-либо других сложных биологических молекул.

Красоту двойной спирали оценили еще в древности. Переплетение двух лент можно увидеть в декоративных орнаментах (рис. 6). Подобное же сплетение двух змей — традиционная фигура и в западном, и в восточном искусстве. Две спирально переплетенные змеи вокруг жезла образуют кадуцей — атрибут греческого бога Гермеса. Кадуцей приобрел несколько достаточно разнообразных значений: это символ мудрости, здоровья, торговли. Его можно встретить в архитектурных орнаментах, в современных гербах — например, Государственного таможенного

6
Византийская мозаика (храм в Вифлееме). Внизу кадуцей на московском здании (ул. Варварка, д.9) и индийский символ космической энергии, около 1700 г. (Ph. Rawson. The art of Tantra. 1973)



РАДОСТИ ЖИЗНИ

комитета РФ. В тантрическом искусстве Индии две сплетенные змеи — символ космической энергии.

Змей всегда изображают головами в одну сторону, то есть параллельно, а не антипараллельно, как располагаются цепи ДНК. Никто из художников не додумался переплести змей «голова к хвосту», во всяком случае, такие изображения мне неизвестны.

В восточном магазине в Неаполе я купил современную деревянную статуэтку из Индонезии — две спирально переплетенные змееподобные человеческие фигуры, то ли мужчина и женщина, то ли женщина и ребенок (рис. 7). Вряд ли безвестный мастер, изготовивший

7
Современная деревянная скульптура (Индонезия) и монумент ДНК на улице в Пекине



эту скульптуру, был вдохновлен двойной спиралью ДНК, но авторы нескольких монументальных скульптур посвятили свои произведения именно этой молекуле. Один такой монумент стоит в Кембридже (где работали Уотсон и Крик), другой — на проспекте в Пекине. Он мне кажется особенно удачным.

Красотой главной молекулы жизни — молекулы ДНК — я и закончу этот очерк, посвященный красоте генетики.

Член-корреспондент РАН
И.А. Захаров-Гезехус

Виноград

Художник Е. Станикова

Что за фрукт виноград? Виноград — это 60—70 видов растений семейства виноградовых (*Vitaceae*). Все виды представляют собой деревянистые лианы, хотя другие растения семейства могут быть прямостоячими кустарниками или невысокими деревьями. Лианы должны за что-то цепляться, и для этого винограду служат усики — видоизмененные соцветия. Плод винограда называется ягодой — сочная мякоть, обтянутая тонкой кожицей с восковым налетом. Она содержит от одной до четырех косточек, но у изюмных сортов, они же кишмиш, семян нет или имеются только их зачатки. В Европе и Азии выращивают виноград *Vitis vinifera*, и этому занятию не менее 6—7 тысяч лет. В России первый виноградник появился только в 1613 году при царе Михаиле Федоровиче, заложили его в Астрахани.

В Америке свои виды, самый известный из которых — *V. labrusca*. Считается, что американские сорта не так вкусны, как европейские.

В мире существует около 5000 сортов винограда, из которых примерно 85% составляют винные, 12% — столовые, а оставшиеся 3% приходятся на долю бескосточковых изюмных сортов. Граница между винными и столовыми сортами условна. У столовых ягоды обычно крупнее и слаще, без терпкого привкуса, но вино можно делать и из них, а едим мы с удовольствием всякий виноград, особенно кишмиш.

Чем полезен виноград? Виноград очень сладкий. Содержание сахаров в ягодах достигает 27%, причем большую их часть составляет глюкоза, называемая также виноградным сахаром. Это основной субстрат для спиртового брожения, и неудивительно, что люди пьют вино столько же веков, сколько выращивают виноград, а три четверти мирового урожая идет на производство спирта, вин и других алкогольных напитков. Кроме того, глюкоза легко усваивается организмом, поэтому виноград рекомендуют ослабленным больным.

Помимо сахаров виноград содержит органические кислоты — винную, лимонную, щавелевую и яблочную, пектины, дубильные вещества, белки, жиры, эфирные масла. В сортах с грубой кожицей довольно много клетчатки. Виноград богат витаминами, особенно B_1 , B_2 и C , а также макроэлементами, среди которых преобладают калий, кальций, магний и фосфор и в небольших количествах — железо и марганец.

Красные сорта отличаются высокой концентрацией флавоноидов — пигментов и антиоксидантов. Они регулируют проницаемость стенок кровеносных сосудов и делают их более эластичными, а также предотвращают образование склеротических бляшек, оказывают антиаллергическое и противовоспалительное действие. Сейчас очень популярен один из виноградных флавоноидов, ресвератрол, который, по некоторым данным, побеждает не только склерозы и тромбы, но и опухоли, а также представляет собой эффективный сжигатель жира. Именно регулярным потреблением содержащего ресвератрол красного вина некоторые специалисты объясняют тот факт, что у французов стройные фигуры и достаточно здоровое сердце, хотя в их рационе много жирных продуктов. К сожалению, чтобы похудеть таким способом, нужно выпивать не менее 10 бутылок красного вина ежедневно.

Вообще, красное вино много полезнее белого, и не только потому, что красные сорта винограда богаче флавоноидами. Дело в том, что значительная часть биологически активных веществ винограда содержится в его коже и семечках. Для получения белых вин массу раздавленных ягод перед сбраживанием очищают от мезги, а для красных — нет, и все полезные компоненты виноградной кожицы переходят в вино.

Виноград содержит свыше 150 биологически активных веществ, и в медицине еще в древности возникло особое направление — ампелотерапия, лечение виноградом и его производными. Чаще всего больных пользовали свежееотжатым соком, который пили стаканами по особому расписанию, совсем как сейчас — целебные воды.

Благодаря высокому содержанию калия виноград повышает тонус сердечной мышцы, поэтому он полезен при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. Соли калия, глюкоза и большое количество жидкости обуславливают его мочегонное действие, и виноград рекомендуют при хронических заболеваниях мочевыводящих путей, отеках, подагре, камнях в почках. Мускатные сорта обладают отхаркивающим действием и хороши при хронических бронхитах и ларингитах. Виноград стимулирует деятельность органов кроветворения и активизирует перистальтику кишечника.

Всем ли можно виноград? Калорийность винограда составляет приблизительно 70 ккал на 100 граммов, меньше, чем у нежирного творога. Здоровый человек, которому не угрожает полнота, может съесть 500—600 граммов ягод в день. Однако из-за высокого содержания глюкозы виноград противопоказан больным диабетом и сильным ожирением. Вреден он и при сильном кариесе, поскольку усугубляет разрушение зубов. Чтобы этого не случилось, после трапезы надо прополоскать рот раствором



пищевой соды. Винограда следует избегать пациентам, которые страдают кишечными расстройствами, поскольку эти ягоды обладают послабляющим действием и вызывают вздутие кишечника. Не рекомендуется виноград и в период обострения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, но во время ремиссии можно есть сочные сорта винограда с низким содержанием клетчатки, то есть с тонкой кожицей. Также виноград и его сок не стоит употреблять при нарушении калиевого обмена, вызванного хронической почечной недостаточностью, и на завершающей стадии беременности, так как это плохо сказывается на работе молочных желез.

Все вышеизложенное относится и к изюму. И поскольку содержание сахаров в нем в восемь раз больше, чем в свежем винограде, и калорийность значительно выше, его суточная доза не должна превышать 60 граммов.

Чем пахнет «изабелла»? У американских сортов винограда есть две характерные черты. Кожица у ягод при надавливании легко отделяется от мякоти, и они обладают характерным мускусным ароматом, хорошо знакомым европейцам по сорту «изабелла». Этот запах вызывает метилантранилат — эфир антралиновой кислоты. Он также участвует в создании ароматов жасмина, иланг-иланга, бергамота, лимона, мандарина, клубники и некоторых других сильно пахнущих растений. (Синтетический метилантранилат используют парфюмеры.) Но это же вещество выделяют мускусные железы собак и лис. Кстати, одно из названий *V. labrusca* — «лисий виноград», хотя от лис пахнет иначе. Но своеобразный резкий аромат, так не похожий на привычный запах европейских ягод, повлиял на название. А может быть, сыграла роль белая или рыжеватая опушка нижней стороны листа и большое количество усиков.

«Изабелла» — не чисто американский сорт, а случайный гибрид «лабруски» и «виниферы», но возник он в Америке, когда туда завезли старосветский виноград. Да и самый известный культурный вариант *V. labrusca*, сорт «конкорд», тоже, по-видимому, имеет в роду *V. vinifera*.

Из сортов Старого Света с ароматом «лисьего винограда» сравнятся только мускатные сорта. Их запах обусловлен целым комплексом веществ, среди которых главную роль отводят органическим летучим веществам терпеноидам, в том числе линалоолу, гераниолу, гексанолу. В экстрактах мускатов присутствуют также эфиры, альдегиды и спирты. Все эти соединения пахнут по-разному, и их комбинация определяет сортовые различия мускатов.

Наибольшее количество ароматических веществ накапливается в полностью созревших и даже слегка завялых ягодах, в таком состоянии их и собирают, во всяком случае, на вино.

Что делать с виноградными косточками? От 20 до 30% виноградных выжимок составляют семена. Они тоже идут в дело — это сырье для приготовления суррогата кофе и виноградного масла, которое используют в кулинарии и косметологии. Масло из косточек богато флавоноидами, потому, как и виноград, уменьшает воспалительные реакции и укрепляет сосудистые стенки. Оно содержит много незаменимой линолевой кислоты — предшественника синтеза простагландинов. За счет большого количества олеиновой кислоты у виноградного масла высокая температура дымления — 216 °С. Это значит, что оно подходит для любых целей, в том числе для жарки и выпечки. Поскольку масло еще и ароматное (в косточках есть даже немного ванилина), оно украшает вкус таких незамысловатых блюд, как картофельное пюре или каша.

А если зарыть виноградную косточку в теплую землю, из нее вырастет дичок — сортовые растения размножают не семенами, а черенками и отводками.

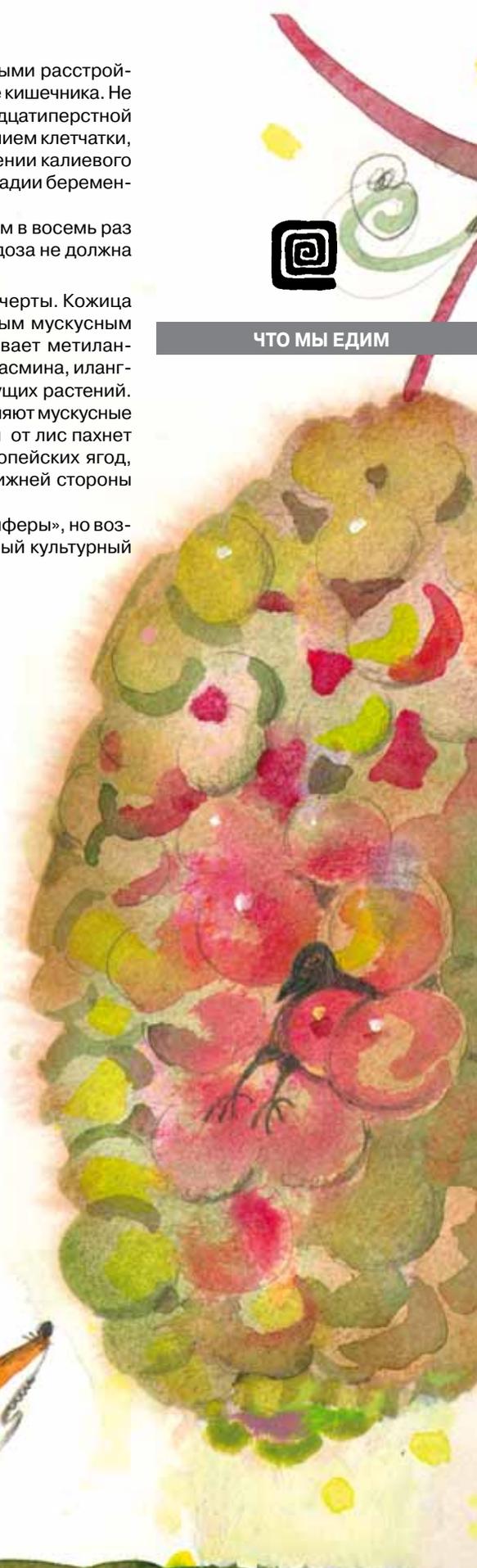
С какими продуктами сочетается виноград? В XIX веке в Англии было принято украшать обеденный стол виноградом, однако его не ели, и правильно делали. Сочетание этих ягод с молочными продуктами, огурцами, жирной пищей, минеральной водой, рыбой и пивом часто вызывает метеоризм и расстройство желудка, поэтому виноград — неудачный гарнир или десерт. Есть виноград следует натошак за полчаса до еды. Виноградные соки и вина не содержат кожицы, которая способствует образованию газов в кишечнике, поэтому за трапезой безопасны.

Этикет поедания винограда требует отрывать ягоды от кисти двумя пальцами и съедать целиком. Если ягоды подают без веточек и в креманках, нужно воспользоваться чайной ложкой. В этом случае косточки можно осторожно выплюнуть на кончик ложечки, а затем переложить на край тарелки.

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ





Покидая колыбель

Сергей Звонарев



ФАНТАСТИКА

Планета есть колыбель разума, но нельзя
вечно жить в колыбели.

К.Э.Циолковский

Ирина сказала Андрею, когда до возвращения со станции
осталось меньше недели.

— Беременна? — растерялся он. — Но... но как же так полу-
чилось?

Ирина сдержалась, чтобы не ответить колкостью.

Потом Андрей задал все те обычные вопросы, которые в
таком случае приходят на ум мужчинам: «А ты не ошиблась?..
А когда?..» — и, наконец: «Как ты себя чувствуешь?»

На последний вопрос она не ответила: на глазах выступили
слезы. Андрей обнял ее и уже хотел сказать, что плакать не надо
(потому что космонавты не плачут), что через неделю они будут
на Земле (все трое), но тут он вспомнил про перегрузки. И про
то, что из пяти последних спусков «Союза» два прошли по бал-
листической траектории. А еще он вспомнил, что Ирина — до
того, как попала в отряд космонавтов, — уже пыталась родить,
лежала на сохранении, но напрасно: преждевременные роды,
плод не выжил, ее саму еле спасли. И вердикт врачей: детей
не будет. На мгновение Андрей представил себе страшное:
она истекает кровью прямо в скафандре, а он лежит рядом,
придавленный к креслу перегрузкой, и ничем не может помочь.

— Мы придумаем что-нибудь, — тихо сказал он. — Ты слы-
шишь? Обязательно придумаем.

— Беременность на орбите связана с большими рисками, —
потом сказал Андрей, — могут быть осложнения на сердце, да
мало ли еще что.

Ирина молчала.

— С другой стороны, — продолжил он, — спуск на «Союзе»
для тебя слишком опасен. Воробьев обещал связаться с аме-
риканцами, может, они расчехлят «Атлантис». Но шансов мало.
Разумеется, медики предлагают сделать аборт.

— И что ты ответил? — Голос Ирины дрогнул.

— Что мы не согласны. Конечно, они хотели поговорить с
тобой. Но я сказал, что ты не в настроении. Беременные, они
часто капризничают.

Ирина почувствовала облегчение. Для себя она сразу реши-
ла, что делать аборт не будет. Собственно, поэтому она и медли-
ла, не хотела говорить раньше времени, тянула до последнего.

— Так или иначе, решать нам, — сказал Андрей. — С учетом
того, что ты чувствуешь себя хорошо, а уже пятый месяц... В
общем, я предлагаю остаться. В ЦУПе полагают, что малыша
можно спустить и на «Союзе».

— А детское кресло сделают?

— И даже детский скафандр, — улыбнулся Андрей, — и новый
корабль: «Союз-С» — семейный!

Последние двадцать часов Андрей провел почти в непрерыв-
ных переговорах со специалистами ЦУПа. Это после того, как
руководитель полета Воробьев и еще пара начальников рангом
пониже довольно долго высказывали ему все, что о нем думают.
Канал был открытым, поэтому они выбирали выражения. Потом,
разумеется, профессионализм взял верх.

— Еще один момент, — сообщил Андрей. — Нашу беремен-
ность хотят оформить как медицинский эксперимент — со
всеми анализами, отчетами и так далее. Воробьев сказал, что
тогда будет легче найти деньги на продолжение полета.

— И во сколько мы ему обойдемся?

— Пока трудно сказать, но не меньше ста миллионов.

— У нас будет самый дорогой малыш на свете, — улыбнулась
Ирина.

— А я и не сомневаюсь, — откликнулся Андрей.

— Как мы его назовем? — спросила Ирина.

Роды прошли легко, помощь Андрея почти не понадобилась.
Малыш выглядел необычно худым, отчего голова казалась
непропорционально большой. И еще — длинные пальцы на
ногах, словно бы природа колебалась: а не дать ли ему вместо
ног еще одну пару рук? Разумеется, весь процесс записывали
на камеру. В ЦУПе клялись, что запись будут смотреть только
специалисты, но Ирина не сомневалась, что вскоре она ока-
жется на YouTube.

— Пусть будет Юра, — предложил Андрей.

— В честь Гагарина?

— Ну да. Первый человек, побывавший в космосе, и первый,
кто там родился. Красиво получается.

— Юра так Юра, — согласилась Ирина. Само имя нравилось.
А если оно нравится Андрею, то чего еще надо? «Мы опять
первые, — пришло ей в голову, — как и полвека назад. Кто бы
мог подумать».

— Может, попробуем сейчас? — предложил Андрей. — Спит
вроде крепко.

Ирина, обняв сына, любовалась им. Его лицо выражало
абсолютный покой. В невесомости есть свои плюсы — можно
не бояться уронить малыша. «Когда мы вернемся, надо будет
учиться его носить», — подумала она.

Когда вернемся... «Союз» с детским креслом давно уже был
пристыкован к станции. Возвращению мешало одно — малыш
не хотел на Землю. Он боялся ощущения тяжести. Нагрузочные
костюмчики, сшитые для маленького, вызывали у него панику,
равно как и попытки сделать специальный массаж. Индивидуаль-
ные особенности вестибулярного аппарата — таков был вердикт
медиков. И что с этим делать? Неизвестно. Летите на Землю, а
там посмотрим. И вот теперь — последняя надежда: центрифуга.

— Ладно, — согласилась Ирина, — давай попробуем.

Вместе с маленьким она уселась в кресло, закрепила ремень.
Андрей включил мотор. Ирина почувствовала, как сына прижи-
мает к ней. Она пошевелилась, устраиваясь удобнее для него.

— Одна десятая «же», — сказал Андрей.

Малыш беспокойно заворочался. Ирина склонилась над ним,
шепча ласковые слова. Тихонько гладила его.

Не помогало.

— Две десятых «же».

Малыш проснулся. В глазах — ужас.

— Тормози! — закричала Ирина. — Тормози сейчас же!

Мотор центрифуги смолк. Лицо малыша исказилось грима-

сой, и он разрыдался. Придерживая сына одной рукой, Ирина возилась с ремнями. Не переставая рыдать, малыш сильно дернулся, тело его изогнулось, и он вырвался из рук матери. Наконец Ирина справилась с ремнями, подлетела к малышу и обняла его. «Все, Юра, все, — зашептала она, — больше не будем, не будем...»

Никогда еще Земля не была от них так далеко.

— Мы можем дать Юре успокоительное, и он проспит весь путь на Землю, — предложил Андрей.

— А что потом? Когда он проснется?

— Есть же программы реабилитации.

— Да, для тех, кто вернулся на Землю. А Юра на ней никогда не был.

— Ну хорошо, а ты что предлагаешь?

Андрей старался, чтобы Ирина не почувствовала его раздражения. Но с каждым словом сдерживаться было все сложнее.

Ирина пожала плечами: дескать, там видно будет. Она прижалась губами к животику малыша.

— Послушай, — продолжил Андрей, — нам все равно придется вернуться, рано или поздно. Чем дольше мы здесь пробудем, тем труднее ему будет адаптироваться.

Ирина молчала. Андрей подплыл к ней, обнял за плечи.

— Он привыкнет к силе тяжести, обязательно привыкнет! А то, что Юрка плачет, — ничего страшного, ведь малыши часто плачут, разве не так?

Она вспомнила ужас в глазах сына. И взгляд, молящий о помощи.

— А если жизнь на Земле станет для него кошмаром?

— Таково просто не может быть. Он же человек, Ирина, та-кой же, как и мы! — Раздражение невольно прорвалось, но Андрею уже было всё равно. — Юра должен жить на Земле, вместе с нами!

«Он говорит о малыше как о постороннем, — подумала Ирина, — или даже хуже — как о помехе нашему возвращению».

— Ресурс «Союза» закончится через два дня, — напомнил Андрей, взяв себя в руки. — Нам нужно принять решение.

Лицо сынишки сморщилось, он опять заплакал. Ирина расстегнула молнию, дала ему грудь. Тот сразу успокоился.

— Мы спускаемся завтра, — сказал Андрей. — Подготовься, пожалуйста. И не забывай, что я — командир экипажа.

Ей снился сон: они втроем в модуле «Звезда», у входа в стыковочный отсек. Малыш, рыдая во весь голос, жмет к Ирине, Андрей с искаженным от злости лицом кричит на нее, а потом пытается схватить сына. Ирина уворачивается и, прикрывая собой малыша, пытается выбраться из отсека, но Андрей хватает ее и грубо пихает назад, к люку, сквозь который виднеются кресла «Союза». Теперь уже кричит и Ирина, она умоляет Андрея остановиться, но напрасно... Они уже внутри «Союза», корабль отстыковался от станции и устремляется к Земле. В глазах малыша знакомый ей ужас и мольба о помощи, да только теперь уже поздно, она ничем не может ему помочь...

Ирина проснулась. Слава Богу — только сон. Сердце сильно билось, малыш у нее на груди беспокойно ворочался. Он лежал в конверте, пристегнутом молнией к костюму Ирины. Еще одно преимущество невесомости — можно спать вместе с маленьким, не боясь его раздавить.

Она взглянула на часы — до подъема долго. Сон к ней не шел, в голове вертелись тревожные мысли. «Мы спускаемся завтра...» Нет, не завтра — уже сегодня.

Надо поговорить.

Ирина нашла Андрея в «Куполе». Виды планеты, плывущей под станцией, завораживали — на них можно было смотреть бесконечно, как на огонь или море. Именно здесь, в «Куполе», они зачали малыша. Андрей услышал ее, но не обернулся. Она тихонько кос-

нулась его плеча — оно было чужим и твердым, словно из камня. Ей показалось, что ее сон начинает проникать в реальность.

— Ты можешь вернуться один, — предложила Ирина.

Он не ответил. Молчание разрасталось — будто пропасть, перешагнуть которую с каждой секундой все сложнее. И даже если потом верные слова будут сказаны, память об этом молчании останется на всю жизнь.

— Я боюсь тебя, — вырвалось у Ирины, — видишь, чего ты добился, — теперь я тебя боюсь.

— Это ошибка, — глухо произнес Андрей, — ты лишаешь нашего сына нормальной жизни.

— Ты не знаешь наверняка, — возразила она, — и никто не знает. Я не хочу рисковать.

— Оставаясь здесь, мы подвергаем его большему риску.

«Зачем спорить? — пронеслось у нее в голове. — Мы все равно друг друга не убедим».

Малыш у нее в конверте опять заворочался — голоса родителей тревожили его. Ирина поплыла прочь из модуля.

Андрей, не отрываясь, смотрел на Землю.

Почти весь следующий день Ирина вместе с сыном провели в «Куполе».

Малыш плавал у окон, тихонько отталкиваясь от стенок пальцами рук и ног. Иногда, глядя на Землю, он заливался смехом и поворачивался к матери: мол, заметила ты или нет? Ирина рассеянно улыбалась, машинально отмечая то, что могло привлечь внимание сына: зарождающийся ураган в Атлантике, стая кучевых облаков, ни одно из которых не повторяло другое, очередной восход Солнца... Она считала обороты — восьмой, девятый: апогей этого длинного дня. В голове ее прокручивался постоянный диалог с Андреем, в котором она убеждала его остаться на станции. В какой-то момент сквозь привычный шум постоянно работающих систем она услышала, как Андрей на повышенных тонах говорит с ЦУПом. И в этом разговоре — вернее, в раздраженном тоне мужа — была для Ирины надежда.

День закончился, Андрей за ними так и не пришел. Она не спала до четырех ночи, всё не верила и придумывала себе страхи — вот она заснет, а он запихнет их в «Союз»... Потом усталость взяла верх, и Ирину сморил сон.

Снов на этот раз не было.

Дни бежали один за другим. Ирина с Андреем общались мало — она чувствовала, что он растерян и все еще не знает, как поступить. Сама же она, как и любая мать после рождения ребенка, привыкла жить теми мелкими — и не очень — проблемами, которые возникали постоянно и требовали немедленного решения. Она не думала о том, что будет через месяц или два, ей казалось, что все устроится само собой. Может быть, Юра перестанет бояться тяжести, или... или что? Ирина не знала, она гнала от себя вопросы, на которые не было ответа. А на Земле по-прежнему не могли понять, как избавить малыша от «гравифобии».

Она все время проводила с сыном, не уставая любоваться им и удивляться. Пальцы ног — длинные, почти такие же, как на руках. Что это — случайная мутация или ответ природы на невесомость?.. Тельце сынишки было очень стройным, и на младенца он нисколько не походил. Тонкие кости, никаких перетяжек на ручках и ножках. Весил он меньше нормы, что поначалу весьма беспокоило Ирину, но потом она перестала тревожиться: ведь Юра чувствовал себя хорошо, плакал редко, спал долго — мечта, а не ребенок. У него быстро развивалась двигательная активность. В то время как его сверстникам постоянно нужна была помощь родителей — даже для того, чтобы просто перевернуться, — Юра мог перемещаться в пространстве, как хотел. Больше всего он любил играть с большим

— размером с него самого — глобусом: осторожными движениями добивался вращения шара, и Ирина как-то заметила, что период этого медленного вращения соответствует периоду оборота станции...

Однажды, после очередного разговора с Землей, Андрей сообщил Ирине:

— Нам предлагают работу.

— Работу? — удивилась она. — Кто же?

— Телекомпания «Глобал». У нее большая орбитальная группировка, спутники дорогие, каждый стоит под миллиард долларов. Нам предлагают заниматься их ремонтом.

— Ремонтом? И как ты это себе представляешь?

Андрей улыбнулся:

— Очень просто. Берем молоток, бьем куда нужно — бац! — и спутник снова в деле.

— А если серьезно?

— Ну представь: на спутнике не раскрылась солнечная панель — все, считай, деньги выброшены на ветер. А проблема, может, совсем пустяковая — только решить ее в космосе некому. Вот тут-то мы и пригодимся! Конечно, надо будет переделать «Союз», потому что сейчас он слишком тяжелый, чтобы гонять его с одной орбиты на другую, но принципиальных проблем здесь нет. «Глобал» готова заключить отдельный контракт с «Энергией» на доработку «Союза».

— Слушай, а зачем нам вообще это нужно?

— Да есть тут у меня одна идея. Хочу прикупить кое-что. Полмиллиарда долларов, и у нас будет детская. Вот, смотри!

И перед глазами ошарашенной Ирины предстала схема модуля в разрезе. Большой, метров десять в диаметре, шар, очень просторный: все, что нужно, размещалось по его стенкам. С внешней стороны шар покрывала мозаика солнечных батарей, а по его диаметру шла цепочка иллюминаторов.

— А это что? Неужели газон?

— Точно. С настоящей травой. А вокруг него — ручей.

— Ты шутишь?

— Да нет. Движущаяся дорожка с гидрофильной поверхностью, вода будет увлекаться ею.

Все эти новости выбили Ирину из колеи.

— Знаешь... это, конечно, здорово, но как-то нереально, прямо не верится. Неужели это возможно?

— Все удовольствие около пятисот миллионов — считай, по себестоимости, — невозмутимо продолжил Андрей. — Для нас специальная скидка, мы ведь самая знаменитая пара в мире. Разумеется, после Брэда и Анджелины, — усмехнулся он. — В общем, надо брать, пока дают.

— А у нас разве есть пятьсот миллионов? — лукаво поинтересовалась Ирина. — Ты что, откладывал с зарплаты? И ничего мне не сказал?

— «Глобал» даст нам кредит. Если, конечно, мы подпишем контракт.

— И на какой срок?

— На два года. — Лицо Андрея стало серьезным.

— На два года? И ты... ты согласен?

— Пожалуй, да. Наконец заживем по-человечески. Разобьем сад и огород, будем устраивать пикники. Чем мы хуже тех, что внизу? — снова улыбнулся он. — Ну, что скажешь?

— Я... я не знаю, — растерянно проговорила она.

«Мы больше не вернемся на Землю, — промелькнула у нее мысль. — Вот что означает этот контракт». Но все-таки спросила:

— Ты считаешь, мы останемся здесь так надолго? Останемся... навсегда?

— Я не знаю, — просто ответил Андрей. — «Навсегда» — это очень долгий срок. Мало ли что еще случится. Может, Юрка захочет на Землю. Тогда, — улыбнулся он, — придется бросить все и вернуться.



ФАНТАСТИКА

— Но этот контракт, этот кредит... у нас ведь будут обязательства?

— Да ладно тебе, Ира. Ну что они с нами сделают, если мы решим вернуться через полгода?

«А в самом деле, что? Разве нам могут помешать?»

Уверенность Андрея успокоила ее.

— Я согласна. Давай попробуем.

— И какой у нас баланс, дорогая?

— Плюс сто семнадцать миллионов, — ответила Ирина. — Это с регулярного контракта. И еще десять должны перевести китайцы за ремонт «Шэньчжоу», а сорок — НАСА за «Хаббл». Так что живем, можно подумать о пристройке!

— «Хаббл» для нас — просто золотое дно, — заметил Андрей, — постоянно там что-то ломается. Кстати, ты, наверное, в этом году войдешь в десятку богатейших женщин России. Поздравляю!

— Спасибо, — хмыкнула Ирина, — надо же: из грязи в князи.

Сквозь иллюминатор «Небесного дома» было видно, как очередной «Прогресс» приближается к стыковочному узлу. Приятно сознавать, что есть нечто постоянное в этом космическом мире. «Наверное, «Прогрессы» будут летать еще лет сто», — подумала Ирина.

Процедура стыковки закончилась, и Андрей открыл люк. Юра тут же забрался внутрь грузовика.

— Вот он! — воскликнул Андрей. — Юрка, ну-ка подай сюда этот ящичек!

— Это игрушка? — Глаза ребенка светились радостью.

— О да! — подтвердил отец. — Игрушка, да еще какая! Особо для родителей.

— Андрей, ну хватит тебе! — урезонила его Ирина. — Будь, пожалуйста, серьезнее.

— Все, все, молчу.

Пока он собирал аппарат, Юрка крутился поблизости, то и дело предлагая свои услуги. Андрей включил питание, и по небольшому экранчику побежали команды загрузки, а потом на нем замерцало черно-белое изображение.

— Ну что там? — спросила Ирина, вытягивая шею.

— Сейчас, сейчас, — сосредоточенно пробормотал Андрей, двигая детектор, — ага, вот оно!

— Что, увидел?

— Кажется, да!

— Ну, и кто у нас?

Андрей медлил, любясь нетерпением Ирины и предвкушая, как в ее глазах вспыхнет радость. Юрка, подплыв к отцу сзади, заглянул ему через плечо.

— Девочка, — сказал Андрей. — Готовься, сын, у тебя будет сестренка!





КНИГИ

Стивен Хокинг

Мир в ореховой скорлупке
М., Амфора ТИД ЗАО, 2011



Эта книга — продолжение предыдущей книги Стивена Хокинга, «Краткая история времени. От Большого взрыва до черных дыр». В первой своей книге знаменитый английский физик пытался ответить на вопросы, интересующие нас всех: откуда взялась Вселенная, как и почему она возникла, каким будет ее конец (если вообще будет) — и сделал это настолько увлекательно и доступно, что книга, написанная в 1988 году, по сей день остается бестселлером. И вот Хокинг возвращается! Великолепно иллюстрированное продолжение — «Мир в ореховой скорлупке» рассказывает о научных открытиях, которые были сделаны после выхода в свет его первой книги.

Петр Образцов

Мир, созданный химиками.
От философского камня
до графена
М., Азбука, 2011



В своей книге автор рассказывает об алхимиках и великом Менделееве, о том, почему сладкое сладко, а горькое — горько, что такое ферменты и микроэлементы, как создавались яды и боевые отравляющие вещества, как была обнаружена радиоактивность и что такое графен. В этих историях о химии много юмора и знания человеческой природы, поэтому они интересны всем.

Егор Орлов

Моя жизнь
М., Октопус, 2011 г.



В книге собраны воспоминания академика Егора Ивановича Орлова (1865—1944) — одного из крупнейших русских химиков прошлого века. Всегда сочетая фундаментальные исследования с прикладными, он создал множество новых технологий, которые он сам и его многочисленные ученики доводили до промышленного производства.

С.А.Шумихин, А.Я.Шумихина

Число Пи: история длиною в
4000 лет
М., Эксмо, 2011



Книга рассказывает об истории числа «пи», о математических задачах и связанных с ним мировоззренческих проблемах. И, конечно, о людях, которые посвящали свою жизнь его исследованию — настоящих подвижниках научной мысли и духа. Вы сможете проследить связь числа «пи» с другими фундаментальными константами и его роль в развитии техники, математики и других наук, оценить его значение для философии, культуры и искусства. И хотя люди изучают число «пи» не меньше четырех тысяч лет, оно продолжает преподносить сюрпризы.

Михаил Менский

Сознание и квантовая
механика.

Жизнь в параллельных мирах.
(Чудеса сознания — из квантовой
реальности)
М., Век-2, 2011



В книге доктора физико-математических наук, сотрудника Института теоретической физики им. П.Н.Лебедева РАН, излагается «квантовая концепция сознания», предложенная автором в 2000 году.

Она основана на многомировой интерпретации Эверетта (интерпретация квантовой механики предполагает существование «параллельных вселенных», в каждой из которых действуют одни и те же законы природы, но которые находятся в различных состояниях) и объясняет природу сознания на основании специфического «квантового» понимания реальности, которое принесла с собой квантовая механика. Сознание обладает способностями, которые обычно трактуются как мистические именно благодаря квантовой реальности. Теория сознания сопоставляется с положениями различных духовных учений (включая религию) и психологических практик, которые признают мистику. Основные положения теории излагаются на разных уровнях: для широкой аудитории и для профессиональных физиков. В книге много примеров и иллюстраций.

**Эти книги можно приобрести
в Московском доме книги.**

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

Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru

Полезные ссылки

**MEMBRANA.ru — Люди.
Идеи. Технологии**



<http://www.membrana.ru/>

А почему вы «Мембрану» не обзываете? — спрашивают нас читатели. Да просто потому, что все ее и так знают. С другой стороны, есть в этом что-то несправедливое. «Мембрана» — один из лучших российских порталов научных новостей, успешно сочетающий занимательность с достоверностью. Нейтринно — превысили они скорость света или все-таки нет; что возьмут с собой на МКС российские космонавты; научные исследования гипноза; 3D-экран, в который можно «погрузить» руку; отечественный электробус и наши же самокаты для взрослых; кофеиновый ингалятор, позволяющий кофеману принять дозу, не возясь с кипятком и молотыми зернами... Впрочем, есть и еще вариант: чтобы прогнать сонливость, поставьте «Мембрану» стартовой страницей.

Культивар



<http://www.lapshin.org/cultivar/>

«Открытая бесплатная электронная библиотека, посвященная необычным формам кактусов и других суккулентов». Проект работает с 2000 года. Здесь собраны выпуски электронного журнала о суккулентах, а также размещена электронная книга о кактусах — сборник авторских статей, подобранных по разделам: содержание и уход, посев и размножение, гидропоника, проблемы систематики и классификации, отчеты о путешествиях, фотографирование питомцев (в том числе создание изображений растений с помощью обычного планшетного сканера), советы по устройству альпинариев, клубы и выставки... Для тех, кто интересуется передовыми биотехнологиями, есть замечательная переводная статья о получении культуры тканей кактусов в домашних условиях. Проект, как пишут авторы, нуждается в поддержке и помощи. Кстати, свежие выпуски не появлялись достаточно давно, но заказ растений по почте работает.

Рейтинг учителей и преподавателей России



<http://www.moiuchitelya.ru/>

В Рунете таких сайтов пока немного, и это досадно. Неформальные рейтинги преподавателей вузов могли бы быть полезны, если бы они были всеобъемлющими и объективными. Пока большим количеством оценок считается 10—12, говорить об этом рано. Возможно, у этого ресурса все еще впереди? Добавлять статьи о педагогах и голосовать может любой, кто зарегистрируется на сайте.

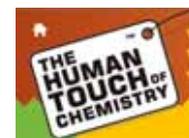
WoWiWe Instruction Co.



<http://www.wowiwe.net/>

Произносится «wow-when», если кириллицей, то примерно «вау-и». «WoWiWe Instruction Co.» — образовательная медиакомпания, основанная в 2002 году и предоставляющая доступ к программному обеспечению для школ. Тут есть, например, eGeo (Geology Explorer) — immersive virtual environment (виртуальная среда с погружением), помогающая изучать основные концепции геологии — для этого играющий исследует новую, только что открытую планету. Есть VCell — «виртуальная клетка», по которой можно путешествовать, разглядывая ядро, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, митохондрии, хлоропласты... Цены на продукты небольшие (в пределах 10 долларов), есть бесплатные демо-версии; бесплатно раздается (пока?) и Geology Explorer. Сделана вся эта красота на гранты, которые перечислены в особом разделе. Язык, естественно, английский. В каком-то смысле это неплохо — игроки могут заодно подучить и научную лексику, но и досадно: вот, скажем, бродилка-стрелялка с эльфами и драконами русифицируется почти сразу, как только выходит на рынок...

The human touch of chemistry



<http://www.humantouhofchemistry.com/>

«Человеческий взгляд на химию» — как ни крути, вещь необходимая. Конечно, не бывает настоящей химии без формул и уравнений реакций, но необходимо понять и то, что химические формулы и реакции описывают реальную жизнь, и чем раньше школьник это поймет, тем лучше. Сайт англоязычный, создан в Индии. Раздел «Everyday chemistry» — почему шоколад при хранении покрывается сероватым налетом, почему стекло прозрачное, а снег белый, почему попкорн взрывается и каким образом кофе прогоняет сон. «История и будущее» — о магнитных звукозаписывающих лентах и жидкокристаллических экранах и о том, «как НАСА случайно открыло детское питание». Биографии ученых. Электронные книжки-малышки о зверушках, экономящих электроэнергию и собирающих мусор. Интерактивная Периодическая таблица — веселое (и довольно содержательное) знакомство с каждым элементом. Шутки незамысловатые, но работающие как запоминки: «Что сказал царь Мидас, когда ушиб себе палец? — Au Au Au!»



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Про зомби

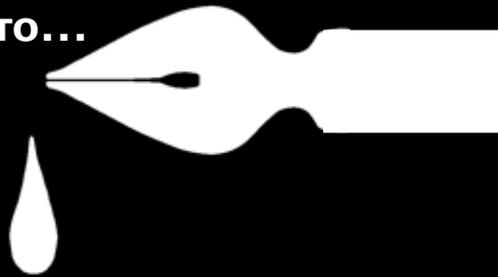
В канун Дня всех святых принято рассуждать о нечистой силе. В частности, на проходившем в конце октября в Великобритании Фестивале общественных наук специальный доклад был посвящен зомбимании. Сделал его доктор Ник Пирс из Даремского университета (агентство «AlphaGalileo», 26 октября 2011 года). Оказывается, любовь к ожившим мертвецам распространяется по Соединенному Королевству со скоростью лесного пожара. Зомби есть везде, от компьютерных игр и телепередач до улиц британских городов, по которым гуляют организованные группы зомби-граждан.

Казалось бы, в основе явления лежит молодежный протест против существующего порядка вещей: зомби — ходячий анти-гламур, универсальный ответ обществу потребления, равнодушные к его сладким призывам. Доктор Пирс придерживается иного мнения и для доказательства анализирует, как изменялся образ зомби в течение десятилетий. Началом этой истории он считает выход на большой экран фильма «Белый зомби» в 1932 году. В нем и в последующих произведениях довоенной поры зомби были мертвецами, оживленными колдуном и ставшими его рабами. Они, естественно, поднимали освободительную борьбу против власти тирана, что приводило к оптимистическому концу фильма. Однако в конце шестидесятых годов образ изменился. Теперь создатели игр и кинолент обходятся без колдуна. В результате зомби не приходится задумываться о свободе и бороться за нее; они стали монстрами, рышущими в поисках мозгов. В общем, одно слепое разрушение и потребление без надежд на светлое будущее. «Именно потому зомби стали сейчас так популярны, что ощущение безнадежности понятно многим членам нашего общества, — говорит доктор Пирс. — Главный вопрос в том, почему мы, подобно современным изображениям зомби, не имеем воли восстать против существующего порядка. Представляется, что сейчас наступило время вернуться к исходной концепции борьбы зомби с колдуном, задуматься над тем, кому выгодно контролировать наши мозги и какие ресурсы у нас есть для сопротивления».

Но что представляет собой угрозу для современных британцев, от чего они не защищены? «В прошлом зомби потребляли мозги. Теперь же они потребляют новейшие, широко разрекламированные бренды. Очевидно, что людям, находящимся у власти, выгодно иметь зомбированное общество, которое никогда не ставит под сомнение принятые ими решения», — поясняет исследователь.

С.Анофелес

Пишут, что...



...статья о нейтринно, движущихся быстрее света, не будет отправлена в рецензируемые журналы, пока исследователи не проведут повторную серию измерений; хотя препринт статьи уже существует, 15 из 160 сотрудников его не подписали («New Scientist», 2011, № 2836, с. 4, <http://arxiv.org/abs/1109.4897>)...

...проведен анализ флуктуаций момента импульса атмосферы и неравномерности вращения Земли на внутрисуточном интервале времени («Астрономический журнал», 2011, т. 88, № 9, с. 920—928)...

...биофизика одиночных молекул уже сформировалась как самостоятельная научная дисциплина и предлагает ряд подходов для определения нуклеотидной последовательности единичной молекулы ДНК («Биофизика», 2011, т. 54, № 5, с. 899—927)...

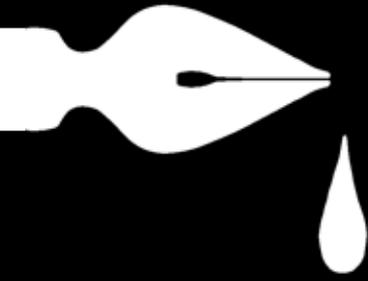
...судя по черновой версии генома возбудителя бубонной чумы, свирепствовавшей в Европе XIV века, он не слишком отличался от генома современной *Yersinia pestis* («Nature», 2011, т. 478, № 7370, с. 506—510)...

...разработан метод, с помощью которого можно получить практически полную последовательность бактериального генома на материале единственной клетки («Nature Biotechnology», 2011, т. 29, № 10, с. 915—921)...

...программа Evo-Devo моделирует развитие «организма» из единственной исходной клетки, если перед запуском задать «генотип» — набор правил, которым будут подчиняться все клетки развивающегося «организма» («Журнал общей биологии», 2011, т. 72, № 5, с. 323—338)...

...полиметаллические руды — наиболее труднообогатимые, но возможно селективное извлечение меди и цинка из цинкового концентрата ассоциацией хемолитотрофных бактерий, в присутствии которых выщелачивание цинка ускоряется в три раза, меди — в четыре-пять, железа — в два раза («Прикладная биохимия и микробиология», 2011, т. 44, № 5, с. 566—571)...

...предложена технология изготовления литейных моделей из льда, покрытого порошковым красителем («Экологический вестник России», 2011, № 10, с. 42—47)...



...одна из наиболее перспективных мишеней в разработке новых препаратов для лечения ожирения — каннабиноидный рецептор первого типа («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2011, т. 152, № 9, с. 290—293)...

...в сознании детей младшего школьного возраста реальный богатый человек наделяется более ярко выраженными отрицательными чертами, чем сказочный богач («Психологический журнал», 2011, т. 32, № 5, с. 46—68)...

...синдром дефицита внимания с гиперактивностью наблюдается у 4—9% школьников, причем у мальчиков встречается чаще в 4—5 раз; у 50—80% из них симптомы сохраняются и в подростковом возрасте, и 23% не заканчивают школу («Журнал неврологии и психиатрии», 2011, вып. 2, т. 111, № 9, с. 32—37)...

...при высокой информационной нагрузке у тревожных детей 6—8 лет их состояние лучше всего оптимизируют физические нагрузки («Физиология человека», 2011, т. 36, № 5, с. 61—72)...

...отсутствие условия о тканесовместимости в российском законе о трансплантации органов и (или) тканей фактически позволяет пересаживать тканесовместимые органы, что резко уменьшает выживаемость реципиента («Иммунология», 2011, № 4, с. 172—177)...

...разработана технология синтеза в пять стадий и контроля производства успокаивающего препарата афобазола («Химико-фармацевтический журнал», 2011, т. 45, № 9, с. 41—44)...

...численность панцирных клещей в почве — чувствительный показатель, который можно использовать для оценки ее загрязненности компонентом ракетного топлива несимметричным диметилгидразином («Доклады Академии наук», 2011, т. 440, № 2, с. 262—265)...

...сконструирован и испытан новый вариант прибора, который регистрирует ЭКГ с подошв полевок и других мышевидных грызунов («Зоологический журнал», 2011, т. 90, № 9, с. 1127—1134)...

Художник А. Анно



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Не в деньгах счастье

Считается, что малый инновационный бизнес — ученый придумал что-то полезное, воплотил его в изделии, вывел на рынок и занял рыночную нишу — это главный двигатель научно-технического прогресса. После первых успехов экономисты ожидают постепенного роста объемов производства и превращения малого бизнеса в серьезную компанию. Однако в реальности все несколько иначе: освоив небольшое производство, научный предприниматель категорически отказывается его расширять и останавливается на достигнутом, заявляя: «А мне больше не надо». Возможное решение этого парадокса нашли исследователи из Йенского университета прикладной науки во главе с Арндтом Лаутеншлагером («International Journal of Entrepreneurial Venturing», 2011, т. 3, с. 359). Они измеряли изменения степени счастья основателя компании по мере ее роста.

В опросе участвовало 440 руководителей малых компаний, работающих в области высоких технологий. Если об успехе предприятия можно было судить по объективным данным — объему продаж, прибыли, росту числа работников и так далее, — то со счастьем предпринимателя было труднее. Кто-то видел его в выполнении поставленных задач, кто-то в личном обогащении, а кто-то в самореализации и свободе от начальства. Казалось бы, чем больше успехи, тем выше уровень счастья. Ан нет, зависимость получилась непростой. Если на этапе становления компании основатель действительно радовался каждому успеху, то по мере роста энтузиазм снижался и оказывалось, что успех предприятия делал ее хозяина все менее и менее удовлетворенным.

Отсюда вывод: для руководства очень важно вовремя заметить душевный разлад у начальства и подобрать ему замену. Например, применив в соответствии с принципом Питера (а он гласит, что в иерархии каждый стремится занять свой уровень некомпетентности) метод выдвигения пинком на какую-нибудь ритуальную должность самого главного президента совета генеральных директоров или пососоветовав начать новое дело. В противном случае растущая неудовлетворенность может дорого стоить компании: эффект разочарованного отца-основателя окажется сродни клетке, которая будет сдерживать полет вольной птицы предпринимательской инициативы покрепче несовершенства налогового и прочего законодательства.

А. Мотыляев



Ю. В. МАЛКИНУ, Ярославль: Причиной дефекта покраски пластика может быть не только плохо смытая смазка, но и растворитель, которым вы ее смывали, — он, испаряясь, «подрывает» слой краски; попробуйте просушить деталь феном после отмытки.

Е. А. СЕРЕДЕ, Чита-37: Полиэтилен состоит из очень длинных молекул, которые с большим трудом переходят в раствор; его можно растворить в горячих алифатических и ароматических углеводородах и их хлорпроизводных — полиэтилен высокого давления (низкой плотности) — при температуре выше 80°C, а полиэтилен низкого давления (высокой плотности) — выше 115°C; и желательно делать это в лабораторных условиях, а не дома.

ОЛЕГУ, электронная почта: Специальных исследований по этому поводу нам найти не удалось, но считается, что мокрые изделия из шерсти пахнут ланолином (жироподобным веществом, выделяемым кожей овцы), который в следовых количествах остается на волокне; одним этот запах не нравится, а другие находят его приятным и «натуральным».

Т. Л. НОСОВОЙ, Санкт-Петербург: Рикотта, упоминаемая в рецептах итальянской кухни, — это, строго говоря, не сыр, так как получают ее не из молока, а из сыворотки, остающейся после приготовления сыров; сладковатый вкус ей придает молочный сахар лактоза.

Р. И. ФОМИЧЕВОЙ, Москва: Запах кошачьих «меток» бросает вызов всей индустрии бытовой химии, но вот еще один домашний рецепт: тщательно перемешайте 100 мл перекиси водорода, чайную ложку соды без горки, столовую ложку жидкого мыла и нанесите на загрязненный участок; испытатели уверяют, что окраске ковра это не повредит, но лучше сначала попробуйте на краешке.

К. М., Смоленск: В одних случаях следует писать «Белоруссия», в других — «Беларусь» (подробности см. на портале gramota.ru), но гибридный вариант «Беларусия» точно неприемлем.

В. ЯКОВЛЕВУ, Москва: Нас тоже поразило число соавторов статьи в сентябрьском выпуске «Nature Communications» за 2011 год (почти три тысячи), но так уж устроена современная физика — выигрывают большие батальоны.

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: Если вы установили Windows 7 и теперь у вас не открывается архив журнала «Химия и жизнь», вам поможет программа sfdrvup.exe, которую можно бесплатно скачать здесь: <http://www.starforce.com/support/sfdrvup.zip>; спасибо за информацию М. Ю. Корнилову.

Операция «Кевлар»

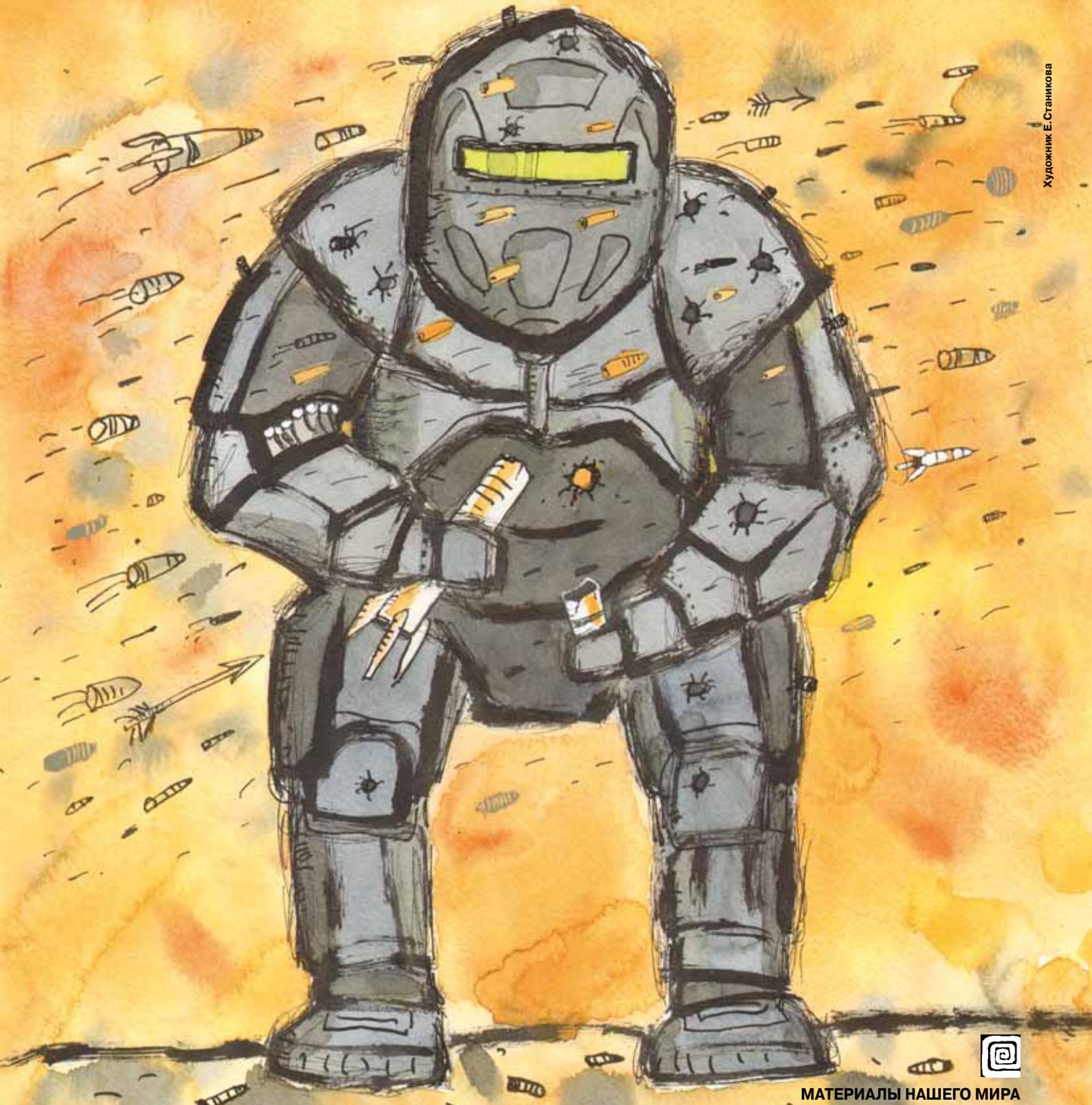
В 30-е годы прошлого века в США, в Нью-Кенсингтоне, жила с мамой девочка по имени Стефани. Она мечтала стать модельером, всем на радость шить удобную красивую одежду. Когда Стефани подросла, она решила, что ей больше подойдет карьера врача. Кто, как не она, будет спасать тяжело больных людей? Для учебы нужны были деньги, и девушка после окончания колледжа в 1946 году пошла на временную, как она считала, работу в химическую лабораторию филиала концерна «Дюпон», известного изобретением фреона, тефлона и нейлона. Нет ничего более постоянного, чем временное, — Стефани покинула концерн только в 1986 году, став к тому времени всемирно известным ученым в области химии полимеров. Именно ей, Стефани Кволек, посчастливилось открыть миру новый материал — кевлар.

Перед лабораторией стояла задача создать прочное и легкое волокно, которым можно заменить тяжелый стальной корд в автомобильных шинах, чтобы повысить их прочность, уменьшить вес и тем самым обеспечить экономию топлива. Эксперименты проводились с арамидом (ароматическим полиамидом) полипарафенилен-терефталамидом. Синтетические волокна обычно получают вытягиванием нитей из прозрачного густого расплава полимера, продавливая его через крошечные отверстия — фильеры. Но арамидное волокно так получить не удалось, потому что арамид плавится при очень высоких температурах, не ниже 500 С. Стефани Кволек предложила использовать раствор вместо расплава и сумела подобрать нужный растворитель. Он состоял из двух компонентов: ионного — хлорида кальция и органического — N-метил-пирролидона. Как рассказывают, инженер прядильной машины категорически отказался работать с этой мутной серой жидкостью, боясь загубить дорогостоящее оборудование. Все же Стефани со свойственной ей настойчивостью добилась разрешения на проведение опыта. Результат удивил не только скептиков, но и ее саму. Нить прекрасно вытягивалась из раствора и вдобавок была необычайно прочной на разрыв.

Высокая механическая прочность арамидного волокна объясняется сильными водородными связями, возникающими между ароматическими бензольными кольцами, каждая пара которых соединена друг с другом через амидную группу —NH—CO—. Его разрывная прочность в пять раз больше, чем у стали, а плотность во столько же раз меньше. Арамидное волокно обладает и высокой термической стойкостью. Оно выдерживает температуру 250 С и даже кратковременное ее повышение до 400 С.

В 1975 году арамидное волокно Стефани Кволек поступило на рынок под торговой маркой Kevlar. Чуть позже в Советском Союзе на основе другого полимера было синтезировано волокно, превосходящее кевлар по прочности. Сначала оно называлось «вниивлон» (от названия института ВНИИВ), а затем СВМ — сверхпрочное высокомодульное синтетическое волокно. Сейчас арамидные волокна выпускают во многих странах. Самые известные торговые марки — кевлар, тварон, номекс. В России, в городе Каменск-Шахтинский, производят арамидные волокна СВМ, русар, армос, АРУС. Впрочем, их часто называют кевларом — этот термин стал общепринятым, может быть, потому, что был первым.

Кевлар, предназначенный для армирования автомобильных шин, сейчас используют там, где необходимы высочайшая прочность и надежность: для изготовления композитных материалов, термопластических труб, деталей несущих конструкций авиационных и ракетных двигателей, оплетки медных и волоконно-оптических кабелей, сверхпрочных канатов и тросов, приводных ремней и тканей. Костюмы горнолыжников, альпинистов, мотоциклистов, а также снаряжение пожарных шьют с защитными кевларовыми вставками.



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

Самое известное, хотя и не самое главное применение кевлара — в средствах баллистической защиты. Спросите кого-нибудь, что такое кевлар, и ответом, скорее всего, будет: «Из него делают бронезилеты». Бронезилет защищает тело от выстрелов и осколков. Он должен задержать пулю и максимально быстро поглотить или рассеять ее энергию. Многослойную кевларовую ткань упрочняют металлическими или керамическими

вставками из стали, титана, карбидов бора и кремния. Первые общевоинские бронезилеты с кевларом появились одновременно в США и СССР в начале 80-х годов XX века. В современных бронезилетах есть дополнительные защитные элементы — наплечники, пуленепробиваемый ворот, амортизаторы ударов. Специальные покрытия обеспечивают защиту от небаллистических факторов — электрического тока, огня. Внутри

бронезилета располагаются провода средств связи.

Вот таким причудливым образом воплотились в жизнь мечты юной Стефани Кволек: из кевларовой ткани шьют сверхнужную одежду для военных, пожарных, спортсменов, а сколько человеческих жизней спасено благодаря бронезилетам, наверное, и сосчитать невозможно.

М. Демина

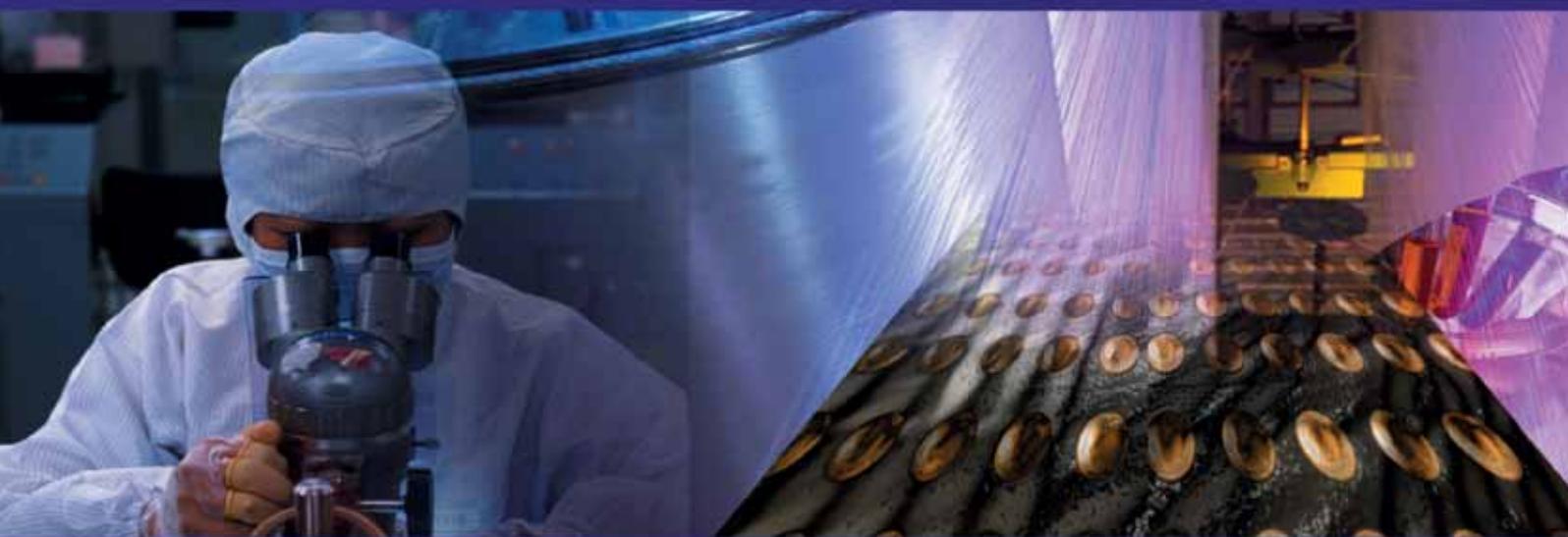




10-я юбилейная международная специализированная выставка «Аналитика Экспо»

10-13 апреля '12

ЭЦ «СОКОЛЬНИКИ»
Новые возможности в центре Москвы!



- Аналитическое оборудование
- Лабораторная мебель
- Контрольно-измерительные приборы
- Химические реактивы и материалы
- Нанотехнологии, наноматериалы
- Биоаналитика

www.analitikaexpo.com



На правах рекламы

Организатор:



Контакты:

E-mail: lomunova@mvk.ru
тел. +7 (495) 935-81-00
факс +7 (495) 935-81-01

Соорганизаторы:

НП «РОСХИМРЕАКТИВ»
 НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН
по аналитической химии
ААЦ «Аналитика»

Официальная поддержка:

Федеральное агентство по техническому
регулированию и метрологии
Департамент природопользования и
охраны окружающей среды города Москвы
Министерство Промышленности и Торговли РФ