







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

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

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

**Технические рисунки**  
Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 30.8.2011

**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 Хулиана де Нарваеса. Как ни  
загадочна наука химия на посторонний  
взгляд, есть люди, которые разбирают-  
ся в ее сложном устройстве. Читайте  
об этом в интервью с С.В.Голубковым.*

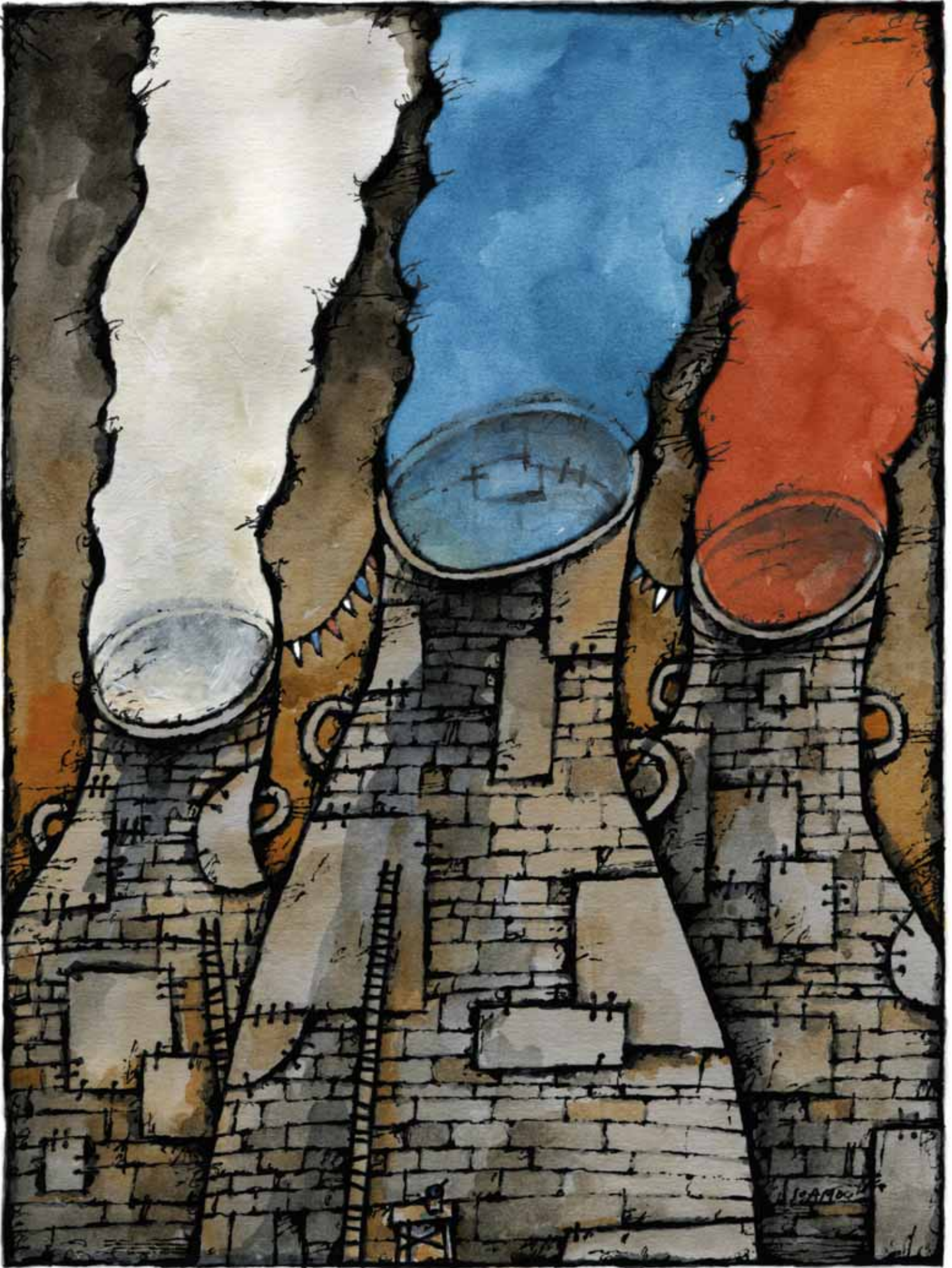
*Успех — это умение двигаться  
от неудачи к неудаче,  
не теряя энтузиазма.*

*Уинстон Черчилль*

# Содержание

<b>Интервью</b>	
БОЛЬШАЯ ХИМИЯ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА. С.В.Голубков .....	2
<b>Тематический поиск</b>	
ХИМИЯ НАНОЭПОХИ. Е.Сутоцкая .....	8
<b>Интервью</b>	
ОСОБЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД. Роалд Хофман .....	10
<b>Литературные страницы</b>	
ИНТУИЦИЯ. Роалд Хофман.....	12
<b>Проблемы и методы науки</b>	
УДИВЛЕННЫЙ ХИМИК. Роалд Хофман.....	13
<b>Нанофантастика</b>	
ОПЫТНЫЙ ОБРАЗЕЦ. Татьяна Минасян .....	15
<b>Нанотехнологии</b>	
КУХНЯ, ВАННА И ВЫСОКАЯ НАУКА. Генрих Эрлих .....	16
<b>Болезни и лекарства</b>	
БУДУЩЕЕ ЛЕЧЕБНЫХ ФАГОВ. В.Н.Крылов .....	24
<b>Живые лаборатории</b>	
ВОДОРОД ПУРПУРНЫХ БАКТЕРИЙ. Армен Трчунян.....	30
<b>Проблемы и методы науки</b>	
МИНИ-СВИНЬИ — НАДЕЖДА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. В.Н.Тихонов .....	32
<b>Проблемы и методы науки</b>	
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЧУВСТВО. Е.Клещенко .....	38
<b>Книги</b>	
МОЗГ ОНЛАЙН. Гэри Смолл, Гиги Ворган.....	44
<b>Наша книжная полка</b>	
ЭТО НЕ ГОРОСКОП! Е.Лясота .....	47
<b>Литературные страницы</b>	
КАК СТАНОВЯТСЯ ХИМИКАМИ. Святослав Логинов .....	48
<b>Что мы едим</b>	
ПЕРСИК. Н.Ручкина. ....	52
<b>Фантастика</b>	
КУДА БЕЖАТЬ ОТ ФАЙРВОЛА. Константин Пимешков .....	54
<b>Вещи и вещества</b>	
КАМНИ ЛУХУМИ. Б.З.Кантор .....	59
<b>Материалы нашего мира</b>	
РОЖДЕННАЯ В ОГНЕ. М.Демина .....	64

ИНФОРМАЦИЯ	7, 9, 29, 51	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	21	ПИШУТ, ЧТО...	62
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	22	ПЕРЕПИСКА	64
ВОПРОСЫ-ОТВЕТЫ	37		



# Большая химия сегодня и завтра

Некогда могущественный российский химпром сегодня почти не слышен и не виден. Что происходит в отрасли, которая создает материальную базу в экономике и обеспечивает всю промышленность, да и нас с вами необходимыми материалами и продуктами? О настоящем и будущем российской химической промышленности интересно поговорить с человеком, который знает эту отрасль от и до — и советскую, и нынешнюю. Такой человек, к счастью, есть: Сергей Викторович Голубков, доктор химических наук, профессор, лауреат Ленинской премии, посвятивший большой химии всю жизнь.

В 1960 году, после окончания Ленинградского технологического института им. Ленсовета, его направили на Волгоградский химический завод им. С.М.Кирова. Причем — по личному приглашению главного инженера завода Б.Я.Либмана, который заприметил толкового студента еще на преддипломной практике. А дальше карьерный рост был стремительным: аппаратчик, начальник смены, начальник корпуса, через четыре года — начальник крупного цеха, начальник технического отдела и, наконец, главный инженер. Хозяйство было огромным: 350 технологических регламентов, несколько сотен наименований выпускаемой продукции, 30 из которых были удостоены государственного «Знака качества».

В 1974 году С.В.Голубков возглавил отдел химической, нефтяной, газовой и микробиологической промышленности Волгоградского обкома КПСС. При его участии за три года был построен и начал работать крупнейший в мире Светлоярский завод белково-витаминных концентратов, проложен 300-километровый участок магистрального газопровода «Союз», газифицированы два района Волгоградской области. Неудивительно, что его позвали в Москву с повышением — тогда умели работать с кадрами. С 1977 по 1992 год С.В.Голубков — заместитель и первый заместитель министра химической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР, ныне первый вице-президент ЗАО «Росхимнефть», профессор РХТУ им. Д.И.Менделеева.

Разговаривать с Сергеем Викторовичем можно часами, потому что это очень интересно. Кажется, он знает все о большой химии в нашей стране и в мире. Но записывать интервью сложно: у него непрерывно звонит телефон, приходят люди и Сергей Викторович занимается со всеми. Несмотря на свой солидный возраст, он по-прежнему остается лидером отрасли, уважаемым и востребованным.

Предлагаем вашему вниманию первую беседу главного редактора Любови Стрельниковой с Сергеем Викторовичем Голубковым, неравнодушным, активным, осведомленным и по-настоящему государственным человеком. Следующее интервью будет опубликовано в ближайших номерах.



**Сергей Викторович, химпром сегодня сильно отличается от того, который был двадцать лет назад?**

Если коротко и в цифрах, то картина такая: объем производства уменьшился в десять раз, а доля во внутреннем валовом продукте (ВВП) едва дотягивает до двух процентов.

**А сколько надо?**

Если мы хотим быть развитой страной с устойчивой экономикой, то доля химпрома в ВВП должна быть не меньше 14%. В советское время мы поднялись до 8%. Понимали, что этого мало, и каждый год наращивали объемы. Было движение вверх. Сейчас — нет.

**Количественные показатели можно улучшить: кости есть — мясо нарастет. Было бы желание. Может быть, за последние двадцать лет мы потеряли что-то принципиально важное, что мешает развитию химпрома?**

Мы обрели новых хозяев — владельцев химических предприятий, и процесс этот продолжается. Но вместе с этим мы потеряли цельность отрасли. Химпром, российский и мировой, — это сложнейшая система, состоящая из множества подвижных элементов. Они связаны между собой и должны действовать согласованно, чтобы система работала. Ведь «целое есть нечто большее, чем просто сумма его частей». Вот эту цельную картину-мозаику новые владельцы не видят, не желают видеть. Они неплохо разбираются в том, что хотят

получить лично. Но вот каким должно быть место их предприятий в российской и мировой химии, они не знают и не собираются даже думать на эту тему. Приобретая свой кусок пирога, они не задумались о том, что химия во всем мире едина, что в химии экономически выгодно сотрудничество, а не самостоятельность. Пока что у нас каждый сам по себе.

Проблема осложняется тем, что наш российский химпром никак формально не объединен — ни на государственном уровне, ни на профессионально-общественном. С завистью смотрю на зарубежные химические общества, которые поочередно возглавляют вице-президенты крупных химических компаний и которые ежедневно работают на объединение отрасли: готовят аналитические материалы о пропорциях в мировой химии, тенденциях и прогрессивных направлениях, обсуждают, обмениваются опытом и идеями. Компании взяли за правило отдавать в хорошие руки, то есть другим компаниям, то, что им стало не интересно, и приобретать новое, согласовывая с соседями по отрасли. А у нас — каждый в своей норке.

Невозможно объяснить, скажем, производителям минеральных удобрений, что без химических средств защиты растений (гербицидов и пестицидов) удобрения не только бесполезны, но и вредны — они кормят сорняки и вредителей полей и садов. Что производителям того и другого надо разрабатывать согласованные программы производства и присутствия на рынке. Причем на внутреннем рынке. Но никто не хочет думать и слушать друг друга. В результате урожайность на наших полях падает, 90% удобрений мы продаем за рубежом за копейки, а потом, совсем уже за другие деньги, покупаем мясо, овощи и фрукты, то есть продукцию, выращенную на наших удобрениях. То же самое и в нефтехимии. Отгоняем немного бензина, а ценнейшие тяжелые фракции, мазут, из которых можно получить широчайший спектр веществ для химической промышленности, продаем как дешевое сырье, чтобы потом покупать изделия из полимеров и пластика по ценам, многократно превышающим стоимость мазута. В советское время химии в стране не хватало, чтобы обеспечить внутренний рынок, приходилось все время наращивать мощности. А сегодня химии стало в разы меньше, но мы озабочены только экспортом, а не внутренним рынком.

Наконец, есть еще одна значимая потеря. В прежние времена мы были впереди других стран по единичной мощности производства. Этот важнейший показатель — единство материального и энергетического баланса — определяет всю экономику. Чем меньше мощность, тем меньше выход продукции и тем больше отходов и удельных энергетических затрат. Сегодня мы в среднем десятикратно проигрываем в мощности мировым производствам. Даже наш лучший завод по производству полимеров в Буденновске дает 350 тысяч тонн продукции в год при мировом показателе один миллион тонн.

### ***Но хоть что-нибудь вдохновляющее и оптимистичное появилось за эти годы?***

Пока что поводов для оптимизма мало, но они, к счастью, есть. Возьмем, к примеру, газификацию сел и деревень. Ведь все получилось. А почему? Потому что была сформулирована цель и поставлена задача. А конкретную задачу не так сложно решить. В данном случае надо было обеспечить регионы пластмассовыми трубами для газовых коммуникаций. Они легче, долговечнее и дешевле металлических. Производство отечественных труб, а это сотни тысяч тонн специального полиэтилена, немедленно наладили, и процесс пошел. Это редчайший случай, когда совпали политическая воля руководства страны и проблемы, возникшие у газового монополиста по продаже бытового газа.

Другой пример — химия для частников, как мы говорим между собой. Речь идет об удобрениях и ядохимикатах для огородов и садов, для личных хозяйств, которые по-прежнему

помогают нам выживать. Если на больших полях до агрохимии никому нет дела, то в частных хозяйствах сегодня агрохимию используют достаточно грамотно и эффективно. В этом заслуга предприятий малого и среднего бизнеса. Они смогли комплексно подойти к проблеме повышения урожая в огородах и садах, предложив на рынок удобрения отечественного производства вместе с ядохимикатами, правда, импортными, но расфасованными у нас. В результате урожайности на шести сотках может позавидовать Минсельхоз РФ.

### ***Давайте вернемся к формальному объединению отрасли. Может быть, необходимо возродить Министерство химической промышленности, как было в советские времена?***

Нет, этого делать не надо. Ошибочно думать, что если мы создадим Минхимпром, то все изменится к лучшему. У предприятий химпрома теперь есть собственники, и это хорошо. А собственникам министерство не нужно. Им требуется нечто другое, но очень важное — чтобы государство точно формулировало приоритеты и цели экономики, чтобы была ясна стратегия экономического развития страны.

### ***Но у нас же есть Минэкономразвития? Это ведь их дело?***

Минэкономразвития — название правильное, по сути оно должно выполнять функции Госплана. Но результатов работы МЭР не видно. Министерство не дает ответа на вопрос, почему мы не формируем и не развиваем внутренний рынок, почему у «нас» не так, как у «них». А где аналитические обзоры, материалы и документы, в которых обозначены приоритеты в экономике, пропорции в промышленности? Ничего подобного Минэкономразвития не делает, хотя это должно быть непрерывной повседневной работой с привлечением лучших специалистов отраслей, поскольку мировой химпром — явление динамичное, подвижное, он все время меняется. А что из этого следует? А следует то, что руководители предприятий и собственники не знают, в какую сторону ветер дует, в каком направлении надо развивать страну и каково место химпрома на экономической карте страны.

Да, формулировать цели — дело очень сложное. Но заниматься этим необходимо. В сущности, это главная работа руководящих органов страны. Будет цель — появятся задачи, с которыми частный бизнес, несомненно, справится. Только дайте отмашку.

### ***Но у нас же руководители страны непрерывно твердят о целях — о модернизации и инновациях. Эти слова уже в зубах навязли.***

Это не цели, а инструменты, с помощью которых можно целей достичь. Разве вы не чувствуете разницу? Возьмем, к примеру, основные производственные фонды нынешнего химпрома. Все говорят о том, что они изношены, устарели. Действительно, за последние 20 лет мы не построили ни одного нового завода, принципиально не переоборудовали ни одного старого предприятия. Почему? У нас же курс на модернизацию? Да потому, что собственники предприятий не могут рисковать огромными деньгами, не понимая, какие в стране приоритеты, будет ли спрос на их продукцию, какова государственная политика в отношении отечественного химпрома.

### ***Тогда как бы вы сформулировали цель?***

Здесь не надо изобретать велосипед. Главная и безусловная цель сегодня (равно как и проблема) — формирование и развитие внутреннего рынка. Только так можно стимулировать промышленность и поднимать экономику. Без внутреннего рынка стране не выжить. И государство должно заниматься протекционизмом по отношению к отечественным производителям, а не западным.



*На пуске химического предприятия в городе Зима (80-е годы). Министр химической промышленности Л.А.Костандов, зам. министра С.В.Голубков.*

**В рамках этой цели какие задачи надо решать химпрому? Назовите главные.**

Химпром должен обеспечить все отрасли отечественной промышленности, и в первую очередь — приоритетные, необходимыми материалами и технологиями. Важнейшая среди них — это пищевая индустрия, ключевой элемент национальной безопасности. Не будет пищи — не будет нации. Чтобы продукты всегда были на полках в магазинах, пищевая промышленность должна быть обеспечена сельхозпродуктами. Это возможно лишь при условии больших и устойчивых урожаев. А это, в свою очередь, невозможно сделать без минеральных удобрений и средств защиты растений. Наш агрокомплекс сегодня совершенно отошел от химии, хотя западные хозяйства как раз с большой охотой используют достижения и российскую продукцию агрохимии. И что в результате? Ничего хорошего. Импортное мясо, фрукты и овощи на прилавках. Для нашей страны с такой огромной территорией и благоприятным климатом это просто национальный позор. Мы продолжаем терять урожай. В этом году мы оказались совершенно безоружными против набегов саранчи, которая аж до Москвы добралась. Она сожрала потенциальный урожай на больших площадях. Хотя в прежние годы мы могли дать этой саранче достойный химический отпор.

**Действительно, этим летом, в июле, я поймала у себя на балконе в Москве саранчу и очень удивилась. Агрокомплекс — не единственный приоритет?**

На второе место в этом перечне я бы поместил строительную индустрию, которая нуждается в материалах, поставляемых химпромом. Пока отечественное строительство питается исключительно зарубежными материалами. Это огромные объемы, ведь у нас строительство развернулось по всей стране. Строительные работы можно значительно удешевить, а качество значительно улучшить только за счет своей собственной химии, которую проще контролировать, нормировать и регламентировать на своей территории.

Оборонную промышленность тоже надо срочно «охимичить». Возьмем, к примеру, военную технику — танки. Сегодня они не бойцы против западных только потому, что сделаны полностью из металла. А западные — из композиционных материалов, которые позволяют получить максимум полезных свойств при минимуме материальных ресурсов. То же относится и к авиации.

И наконец, бытовая техника, которая сегодня на 100% импортная. А каждый из приборов — на 100% продукт химической промышленности. Объемы продаж огромные: в каждом доме есть телевизор, и не один, холодильник, стиральная машина, СВЧ-печь, электрический чайник, компьютеры и так далее. И конечно же все это мы можем и должны делать у себя в стране.

**И все же что плохого в том, что мы покупаем импортные чайники и фены?**

Посчитайте, сколько денег вы тратите в год на приобретение бытовой техники, которую надо все время обновлять, потому что она быстро выходит из строя. В сущности, сегодня она рассчитана на два-три года эксплуатации. Такова политика западных производителей, вынужденных участвовать в гонке

обновления, которую навязывают мода и конкуренция. Так вот, если вы подсчитаете, то получится вполне кругленькая сумма, которую каждая семья, кто больше, кто меньше, отдает западным компаниям, то есть поддерживает зарубежных производителей, в первую очередь корейских и японских, — их рабочие места, их экономику. А нам-то надо развивать свою. И поверьте, всю эту технику мы можем делать.

***А западные промышленные технологии и процессы покупать можно? Это не повредит нашей экономике?***

Можно и нужно покупать западные технологии и ключевое оборудование к ним. Остальное надо делать самим. Но опять же — при условии, что государство поставит цель. Например, довести объем химической продукции на душу населения до среднемировых показателей за 15—20 лет. Вот тут-то и надо покупать технологии и ставить новые современные заводы, которые придется обслуживать, неизбежно улучшать и оптимизировать: типовой процесс работает без переделок семь лет, а затем он нуждается в модернизации. Спустя какое-то время надобность в западных технологиях отпадет. Так поднимались Япония и Китай.

***Допустим, технологии и ключевое оборудование мы купим. А с проектированием современных химических гигантов у нас не будет проблем? По-моему, сегодня проектирование — это камень преткновения практически во всех отраслях деятельности в России.***

Да, вы правы, с проектированием у нас плохи дела. Сегодня в России никто не может сделать безупречный генплан нового предприятия. Здесь нам необходимо быстро осваивать мировой опыт. Кстати, вы знаете, кто сегодня делает генпланы для новых химических заводов на Западе? Авиационные компании, строящие новые аэропорты. Оказалось, что принципы организации территории аэропорта очень близки к идее создания большого химического кластера — логистика, то есть оптимизация и оптимальное размещение материальных, энергетических и людских потоков, почти та же самая. Теперь и крупные торговые центры строят по разработкам авиационных компаний.

***Значит, в нынешнем положении российский химпром не может конкурировать, скажем, с Китаем и Южной Кореей?***

Мы не конкурируем хотя бы потому, что продаем на внешнем рынке преимущественно сырье. Южная Корея продает свою интеллектуальную продукцию — технику. Причем все материалы, которые идут на ее создание, делают в стране силами южнокорейского химпрома. Подумайте, такая маленькая страна и такая сильная химия. Китай тоже не продает сырье, весь мир он завалил товарами, потому что товары значительно дороже сырья. Зайдите в любой магазин в США — большинство товаров made in China. Да и в наших магазинах похожая ситуация. Китай к тому же продает и интеллектуальную химию — катализаторы, красители, полимеры, биодобавки. И это при том, что у Китая почти нет своего химического сырья, только уголь. Но они научились виртуозно этот уголь перерабатывать, выжимают из него все, что только можно и нужно для химпрома. Вообще, Китай удивляет в хорошем смысле. Несколько лет назад они поставили задачу довести выработку основных химических продуктов на душу населения до среднемировых показателей. И уже близки к достижению цели. Это при их-то населении! А мы не то что не ставим перед собой таких задач на уровне государства, мы их даже не обсуждаем.

***Ну а если мы возьмем, к примеру, Арабские Эмираты. Они же торгуют сырьем, нефтью и газом, и в целом как будто неплохо живут.***

Здесь надо уточнить — «торговали». С недавних пор они

поставили обязательное условие: будем продавать нефть в обмен на поставку химических комплексов с огромной единичной мощностью. Это означает, что уже в ближайшее время ОАЭ будут продавать нефть вместе с продуктами ее второго и третьего передела — полимерами и крупнотоннажной органикой. Сегодня ОАЭ становятся мировым полигоном для крупнотоннажных производств.

***Но хоть химики у нас хорошие? Я имею в виду инженеров, технологов, промышленников.***

У нас отличные специалисты. Но это относится к инженерам старой закалки и кадровым сотрудникам предприятий. Новое поколение инженеров-технологов слабое. Сегодня предприятия недовольны качеством специалистов, которые приходят к ним после вузов.

***Кстати, а сколько приходит и сколько специалистов нужно отечественному химпрому?***

На предприятия, хоть как-то связанные с химией, приходят не более 5% всех выпускников химико-технологических вузов, а их у нас четырнадцать. Лучше всего с задачей подготовки кадров для большой химии справляются Ивановский и Казанский химико-технологические университеты. Большая часть их выпускников работает на предприятиях отрасли по всей стране. Сколько нам нужно специалистов? Для химической отрасли нового типа нам требуется тысяча специалистов, инженеров-технологов высокого класса, закончивших магистратуру. Именно они сделают погоду. В принципе такую небольшую армию можно подготовить штучно. И конечно же нужны техники — на порядок больше. Четырнадцати вузов для нашего химпрома много, их надо укрупнять и превратить в три, максимум в пять университетов.

***А что такое «химическая отрасль» нового типа? Она диктует какие-то особые требования к специалистам?***

Идеальный химический завод нового типа — это компактное крупнотоннажное производство того или иного продукта, которое само полностью обеспечивает себя энергией. Внешняя энергия ему требуется только при запуске. Такова мировая тенденция. Вы же знаете, что основные химические реакции в промышленных процессах протекают с выделением тепла. Чем больше мощность завода, тем больше энергии. Сегодня уже появились комплексы по производству аммиака, которые научились утилизировать выделяющееся тепло и полностью обеспечивать себя энергией. Все они зарубежные. Хорошее современное производство — это оптимальный баланс между продуктом и энергией. Поэтому неудивительно, что сегодня директорами наших химических заводов часто становятся энергетики. Это, конечно, не оптимальное решение: физики, как правило, боятся вещества. Но энергетики тем не менее сегодня более востребованы, чем инженеры-технологи. Так или иначе, современному химическому заводу сегодня нужны не просто химики-технологи, инженеры, а химики-технологи-энергетики-электронщики.

***Наши вузы таких специалистов не готовят. Вузы надо переориентировать?***

Наши технологические вузы надо реформировать кардинально. Главная их проблема в том, что они занимаются начиткой, учат словесами, а надо бы предоставлять студентам максимальную возможность работать руками, образование ведь технологическое. Поэтому нынешняя учеба, по сути, холостая. Даже будущих врачей уже во время учебы допускают к пациентам, а мы своих студентов бережем. В лучшем случае вывозим на निकудышную производственную практику. Однако на практике студенты смотрят, что и как делают другие, хотя и это важно. А обучение — это когда сам пробуешь

что-то создать. Вот для такого рода деятельности в вузах нет никаких условий, нет главного — стендов, на которых можно моделировать все промышленные процессы, а их не так много, управлять материальными потоками и энергией, оптимизировать технологические схемы, пробовать новые катализаторы и другие компоненты. Без такого оборудования современное технологическое образование немислимо. Почему мы этого не делаем, спросите вы? Мелко плаваем, не ставим цель. В результате хорошим, толковым детям не даем возможности вырасти и приобрести необходимую для нашего времени квалификацию. Да и научные руководители у нас не ставят серьезных задач перед студентами. Часто бываю на защитах дипломов, диссертаций, слушаю доклады на разных конкурсах технологических работ. Вынужден заметить, что в подавляющем большинстве случаев темы работ мелкие с точки зрения экономики и здравого смысла, не видящие живую отрасль, несовременные.

**А есть интересные задачи, которые мы могли бы предложить молодым будущим технологам? Чем нагрузить их мозг и руки?**

Есть три важнейшие задачи современной химии. Первая — насытить рынок наиболее экономически эффективными продуктами: полимерами, волокнами, композиционными материалами, удобрениями и ядохимикатами. Вторая задача — создавать новые классы продуктов: катализаторов,

химических материалов для электроники, новых композитов, умных материалов, лекарств нового типа. Это настоящая интеллектуальная химия, когда, используя современные знания из различных областей науки, мы получаем наилучший продукт с минимальными затратами. Наконец, третья задача — стараться переходить на процессы, максимально использующие силы природы, будь то фотосинтез, биомасса, водные среды и так далее. Все это потрясающе интересно, но без должного оснащения лабораторий в вузах мы не продвинемся вперед.



ИНТЕРВЬЮ



РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ

**2004**

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**2008**

МНОГОЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ (ДО 100 АТМ)

**2005**

УСТАНОВКА ТЕРМОСТАБЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ РЕГЕНЕРАЦИИ

**2009**

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЦИКЛОДИФФУЗИОННОЙ ПРОФИТИ

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

ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

**2009**

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПАРОВОЙ И ВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОК ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**2008**

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОКРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ВАКУУМНОГО ГАЗОЛИНА

**2006**

УСТАНОВКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫТРУЖЕННЫХ, 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

ЗАО "КАТАКОН"  
Институт катализа им.Г.К.Борескова СО РАН

Россия, г. Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 5  
тел/факс: +7 (383) 326 9495, e-mail: catacon@ngs.ru

# Химия наноэпохи



Проект, посвященный химии солнечной энергетики, стартовал два года назад в Гарвардском университете (Кембридж, штат Массачусетс, США). Его цель — поиск органических молекул, которые улучшат показатели органических солнечных элементов, позволив им конкурировать с современными кремниевыми. Органические элементы могут оказаться не только эффективнее, но и дешевле, что немаловажно для развивающихся стран. Кроме того, они позволят использовать в качестве основы, например, пластик и ткани, что сделает элементы не только легкими, но и гибкими.

В середине августа участники проекта сообщили, что их работа увенчалась успехом. Используя компьютерные модели, созданные совместно с фирмой IBM, химики-теоретики под руководством Алана Аспуру-Гузика (Alan Aspuru-Guzik) просмотрели около 2,3 миллионов органических молекул, пытаясь выявить среди них экземпляры с лучшими полупроводниковыми свойствами. Сначала обнаруживали органический полупроводник с заданными параметрами среди известных соединений. Затем попытались сконструировать его производные и предсказать их свойства с помощью компьютерного моделирования.

Результаты изысканий были переданы в Стэнфордский университет в Калифорнии, где химики-экспериментаторы синтезировали предложенную молекулу и проверили на практике ее свойства — они оказались даже лучше, чем теоретически предсказанные. По способности переносить электрический заряд это один из лучших органических полупроводников. Подробнее об этом можно узнать в статье, опубликованной в журнале «Nature Communications» (<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms1451>).

Авторы планируют в ближайшее время обнародовать структуру 1000 молекул, свойства которых кажутся им наиболее подходящими для создания органических солнечных элементов. Дальше дело вновь за практиками — они решат, какие из молекул синтезировать прежде всего, и проверят их свойства. Полученные данные будут переданы теоретикам, дабы те могли внести коррективы в свои модели и продолжить поиск. На очереди еще 1,2 миллиона молекул.

Можно ли улучшить функциональные свойства материалов, применяемых для создания транзисторов, полупроводников и других элементов электронных устройств? Да, если удастся наладить широкомасштабный синтез качественного графена кристаллической структуры (single-crystal graphene — научный сленг, обозначающий идеальный слой графена без дефектов). В этом уверены Иван Власюк и его коллеги из Национальной лаборатории Окриджа и университета штата Нью-Мексико.

В последние два года графен в основном получают разложением углеродсодержащих газов, в частности, метана, на медной фольге при высоких температурах. Это так называемый метод химического осаждения паров (CVD). Проблема заключается в том, что при этом на поверхности образуются островки графена различного размера, которые не сливаются в сплошную идеальную пленку.

Авторы исследования продемонстрировали, что скорость роста этих островков, их форма и размер зависят не только

от источника углерода и природы подложки, но и от водорода, который до сих пор считали пассивным участником процесса. Благодаря этому открытию они разработали метод выращивания качественных графеновых зерен гексагональной формы, приближающихся к безупречной монокристалльной структуре. Новая технология получения графеновых пленок подробно описана в статье, опубликованной в «ACS Nano» (2011, 5 (7), с. 6069—6076, doi: 10.1021/nn201978y).

Электронные устройства могут стать прозрачными и гнущимися благодаря технологии изготовления аккумуляторов, предложенной сотрудниками Стэнфордского университета в Калифорнии. Другие компоненты этих устройств обрели прозрачность и гибкость уже некоторое время назад, дело оставалось за источником питания.

Как правило, это два электрода, разделенные электролитом, проводник, передающий ток вовне, и упаковка, удерживающая вместе все компоненты. В этом наборе только электролит обладает естественной прозрачностью. Можно найти соответствующие материалы для упаковки и проводников. Но как быть с электродами?

Исследователи (руководитель группы — И Цуй) предложили делать их не прозрачными, а настолько миниатюрными, что человеческий глаз просто не будет их различать. Такие электроды — не сплошная пластина или стержень, а тонкая сетка, сплетенная из нитей толщиной не более 35 микрометров. Их изготовление оказалось делом довольно хитрым.

Техника литографии в данном случае не подходит, так как использует растворители, которые могут испортить собственно электроды. Авторы пошли по пути микрообработки. Сделали кремниевый трафарет в виде сетки из бороздок шириной 35 мкм. На него нанесли слой гибкого, прозрачного полидиметилсилоксана толщиной 100 мкм. Затем этот слой отделили от трафарета и получившиеся в нем канавки заполнили с помощью капиллярных сил водным раствором вещества, из которого делают электроды. После высыхания получилась тончайшая сетка, способная проводить ток. Литий-ионные аккумуляторы, сделанные по такой технологии, пропускают 60% падающего на них света. Не стекло, конечно, но читать сквозь них можно.

Пока они уступают традиционным батарейкам в удельной энергии, но этот показатель можно улучшить, если сделать сетку поглубже. Тогда, впрочем, она станет немного видима глазу.

Прозрачные электронные устройства — задача чисто эстетическая. Новая технология имеет в виду и вполне практические моменты — уменьшение размеров таких устройств. Можно будет, например, встраивать источник питания в дисплеи смартфонов.

И все же главное в этой работе — сама технология изготовления, пригодная не только для литий-ионных, но и для других типов батареек. Более подробно о ней можно узнать в онлайн-публикации «Proceedings of the National Academy of Science» <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1102873108>.

**Е. Сутоцкая**

# 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 м<sup>2</sup>/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 однократным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



### Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

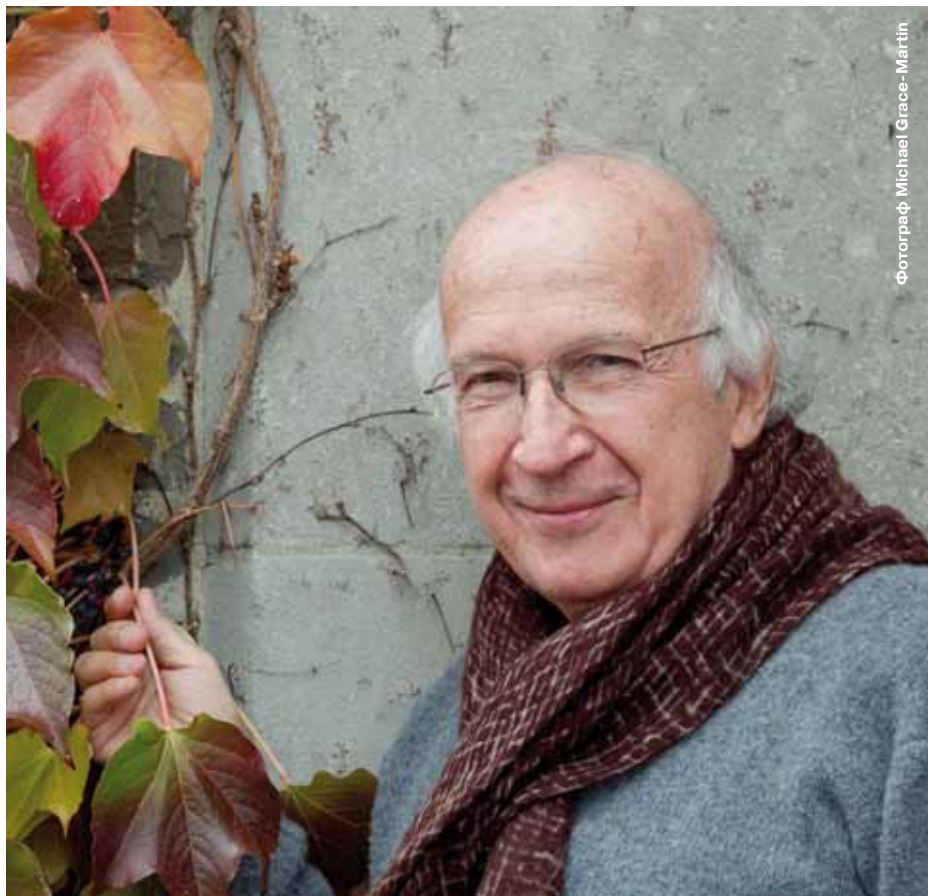
- Измерение изотермы адсорбции
- Измерение удельной поверхности многоточечным методом БЭТ и STSA, объёма микро- и мезопор
- Расчёт распределения мезопор по размерам

### Области применения

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

# Роалд Хофман: «Химия по-прежнему в центре наук»

Поговорить о химии с умным человеком — всегда удовольствие, а уж в Год химии — просто обязанность журнала. Сегодня наш гость и собеседник — профессор Корнельского университета Роалд Хофман, лауреат Нобелевской премии по химии 1981 года (вместе с Кэньюити Фукуи) за разработку теории протекания химических реакций. Роалд Хофман — давний друг нашего журнала и охотно откликается на предложение «поговорить», если тема ему интересна. А интересно ему все новое и неожиданное в химии. Оказывается, и нобелевского лауреата, проработавшего в химии 50 лет, можно чем-то удивить. Одной такой историей Р.Хофман недавно поделился с читателями журнала «American Scientist» и предложил рассказать ее на страницах «Химии и жизни» (см. статью «Удивленный химик»). Но прежде предлагаем вашему вниманию интервью, которое дал Роалд Хофман главному редактору «Химии и жизни» Любови Стрельниковой.



Фотограф: Michael Grace-Martin

## Особый химический взгляд

ИНТЕРВЬЮ

**Первый вопрос отчасти личный. В своих лекциях о нанотехнологиях я всегда ссылаюсь на ваше определение, что «нанотехнологии — это новое название, которое придумали для химии». Надеюсь, вы не пошутили? Во всяком случае, я-то полностью разделяю эту точку зрения.**

Нет, нет, это не шутка. Вообще, в химии мы часто работаем на субнаноуровне. Но безусловно, полимеры и гемоглобин — это нанообъекты. Мы же понимаем, что современным миром правит мода, и молодым людям, в том числе и в науке, очень важно думать, что они занимаются чем-то новым и ультрамодным. Поэтому всем известные вещи нужно переименовывать каждые 40 лет. И это совершенно нормально.

**Мне кажется, что и химия изменилась за последние несколько десятков лет. В прежние времена историю химии строили на таких ключевых событиях, как открытие неизвестного вещества, установление его структуры и его синтез. Но сегодня это стало довольно простым, рутинным делом. Какие нынешние события в химии войдут в историю? Что мы можем считать открытием в фундаментальной химии в наши дни?**

В вашем вопросе звучат романтические представления о прошлом, которые, полагаю, историки науки не разделяют. Химия всегда была беспорядочной и приблизительной. Яс-

ность наступала лишь в ретроспективе. Главное здесь вот что. Вещества и их превращения, то есть молекулы и реакции, по-прежнему остаются главным объектом исследования нашей науки. И я думаю, что открытия в химии сегодня такие же, как и раньше. Это создание новых молекул, например  $\text{AuXe}_4^{2+}$ , или новый способ полимеризации олефинов, катализируемый металлоценами.

**Но многие химики говорят, что органическая химия достигла своего потолка в том смысле, что сегодня в лаборатории можно синтезировать любое вещество, если его гипотетическая формула не противоречит законам природы. С большими или меньшими усилиями. Значит ли это, что органическая химия умерла, чтобы возродиться в некоем новом качестве?**

Действительно, органики демонстрируют просто чудеса. Я обожаю область N-инвертированных порфиринов. Фил Баран из Скриппсовского института (Scripps Research Institute) — самый гениальный молодой химик-органик, которого я знаю, он может сделать молекулы, которые больше никто сделать не может. Органическая химия очень даже жива, потому что востребована сегодня как никогда. Но ее интересы в большой степени сместились в область синтеза биологически активных соединений для фармацевтической

промышленности. Ведь по мере того, как микроорганизмы вырабатывают устойчивость к антибиотикам, химики постоянно должны находить и предлагать новые лекарства. А кроме того, существует множество белков, на которые не действуют лекарства, и, чтобы бороться с ними, необходимо искать необычные, хитрые подходы. Новые органические молекулы нужны и для электронных материалов. Также мы пока не очень хорошо умеем контролировать пространственную организацию молекул при двухмерном синтезе, например при синтезе предельно тонкого «двухмерного» листа полиэтилена. Это лишь несколько примеров. Химия — наука прикладная, задач перед ней множество. Так что органикам расслабляться некогда.

**С органической химией вы меня успокоили. А что с квантовой? Я часто слышу от исследователей, что квантовая химия ничего не объясняет, не обладает предсказательной силой и не работает как инструмент для решения основной задачи химии — установления взаимосвязи между структурой и свойствами вещества. В чем здесь дело?**

Проблема существует, но я вижу ее несколько иначе. У нас есть супердостоверные квантово-химические расчеты, но люди, которые ими владеют, не склонны их объяснять — ни словами, ни формулами, ни закономерностями. Предсказательная сила есть, пролистайте, например, журнал «Angewandte Chemie» — множество статей содержат раздел с квантово-химическими расчетами. И делают их не только для того, чтобы произвести впечатление на коллег.

**Помните, много лет назад вы говорили о том, что химия занимает центральное место в семействе естественных наук. А что сегодня, когда границы между химией и физикой, химией и биологией непрерывно размываются и химия проникает во все естественные науки, смешиваясь с ними? Ее место по-прежнему центральное?**

Да, химия по-прежнему остается на центральном месте. Она создает и анализирует вещества, исследует их взаимодействие и микроструктуру. Она создает объекты, с которыми в дальнейшем работают физики и биологи. Сегодня концентрация химии в пограничных областях столь же велика, сколь и эрозия самих смежных наук — физики или биологии. По своему опыту работы на границе с физикой могу сказать, что мы, химики, думаем не так, как физики. У нас есть особый химический взгляд, особый образ мышления, который чрезвычайно важен и ценен для научного взаимодействия в таких областях, как неорганические сверхпроводники, фуллерены, химия поверхности, химия высоких давлений.

**Какой вы видите химию в будущем? Какие ее направления и области будут развиваться наиболее интенсивно?**

Я думаю, что химия будущего, в частности та, что связана с промышленностью, будет состоять из «зеленой» химии, создания молекул в таких естественных растворителях, как вода, и при этом под жестким контролем. Вообще, контроль станет основной темой и принципом органической и неорганической химии. Химики-теоретики научатся внятно объяснять свои расчеты, хотя сами расчеты у них всегда будут получаться лучше объяснений. Появятся химики, которые создадут сверхпроводник при комнатной температуре и металлическую форму углерода.

**Почему вы выбрали химию своей профессией? И думали ли вы когда-нибудь, что получите Нобелевскую премию?**

Химию я выбрал случайно и долго набирался храбрости, чтобы сообщить родителю, что не хочу быть врачом. При этом я считал (теперь понимаю, что ошибочно), что недостаточно хорош для того, чтобы быть физиком. Повлияли и случайные причины, например летний опыт исследований в Брукхейвенской национальной лаборатории и Национальном бюро стандартов. Что касается Нобелевской премии, то моя

давняя подруга как-то напомнила мне, что в семнадцать лет я действительно хотел стать нобелевским лауреатом. Правда, к моменту окончания школы я уже понимал, что, когда стремишься стать очень хорошим химиком, не стоит превращать Нобелевскую премию в свою цель. Каждый год перед церемонией вручения этой награды вы, я и научное сообщество можем назвать тридцать человек, которые ее достойны, но получат только трое. Вывод прост: выбор лучших в любой области — дело случая.

**Как сделать химию более привлекательной для нынешних подростков, чтобы они, подобно вам, выбрали химию своей профессией?**

Я считаю, что ранний исследовательский опыт, даже в средней школе, очень важен. Социальные установки и психологическая отдача от настоящего исследования — это сильная мотивация.

**К сожалению, школьные реформы в России, продолжающиеся последние пятнадцать лет, делают эту задачу невыполнимой. Химию, равно как физику и биологию, государство постепенно выдавливает из школьных программ. Скоро от них не останется и следа. Непонятно, кто завтра будет работать исследователями в лабораториях, инженерами и технологами на химических производствах. Чиновники просто силой насаждают у нас западную систему школьного образования, не считаясь ни с чьим мнением.**

Система образования в США в начальной и средней школе ужасна, ни в коем случае не надо ее повторять. Если и перенимать американский опыт, то только в части университетского образования и подготовки специалистов высокого класса, которые у нас действительно хороши. В вашем случае я бы всячески сопротивлялся сокращению часов естественно-научных предметов. Это сильная сторона вашего образования, его основа.

**Наверное, проблема еще и в том, что обычные люди химию не любят. В России слово «химия» в быту употребляют как синоним чего-то гадкого и опасного. Что делать с хемофобией?**

Все это закономерно, поскольку молекулы, которые мы создаем, могут как спасать, так и вредить. Это относится ко всему, что создает человек. Открытия химии сулят перемены, а люди психологически опасаются перемен. Мы хотим их и в то же время боимся.

Что делать? Я думаю, мы должны использовать каждый случай причинения вреда, каждый страх как возможность научить. Любой, кому делали операцию, знает, сколь полезен морфин. В то же время морфин и его производное героин — смертельно опасные наркотики. Мы должны говорить о морфине как о химическом соединении, как о лекарстве, применение которого контролируется, а также о человеческой склонности везде искать вещества, вызывающие зависимость.

**К счастью, каждый год в наши университеты пока еще приходят молодые люди, чтобы учиться и стать химиками. Что бы вы посоветовали молодым исследователям?**

Я бы посоветовал им быть смелыми и не бояться высказывать свои мысли преподавателям и профессорам, предлагать свои идеи, даже если есть риск выглядеть глупо. Еще я бы посоветовал им приложить все усилия к тому, чтобы научиться хорошо говорить и писать. Лишь два процента ученых самодостаточны и живут один на один со своими идеями, не важно, насколько хорошо они сформулированы. Нам же, остальным, приходится «продавать» свои идеи — представлять их промышленным компаниям или коллегам по академии. Чтобы добиться успеха, надо, чтобы люди тебя понимали.



# Интуиция



Художник Н. Колпакова

В одном из кафе района Гринвич-Виллидж каждый месяц Ролд Хофман проводит творческие вечера с участием ученых, музыкантов, поэтов и артистов. Эти вечера пользуются неизменной популярностью у жителей Нью-Йорка. Наверное, там звучат и стихи самого Хофмана, ведь он не только известный химик, но еще и писатель, поэт и философ. Ему определенно есть что сказать людям, и он делает это в своих книгах — «Химия в воображении», «Такой одинаковый, но разный мир», «Старое вино, новые мехи: размышления о науке и еврейской традиции». Вместе со своим коллегой, химиком Карлом Джерасси, Хофман сочинил пьесу «Кислород» и уже без соавторов — пьесу «Кто-то должен», обе с успехом шли на театральных сценах.



Известен Ролд Хофман и своими необычными стихами. В этом году издательство «Текст» выпустило сборник его избранных стихотворений, написанных в 1983—2005 годах, с прекрасными переводами на русский язык (переводчики — А. Михалевич, В. Райкина, В. Фета, М. Базилевский, Ю. Данилов). В своем творчестве Хофман исследует область на пересечении науки, поэзии и философии. Образцы этого исследования — три небольших стихотворения из сборника — мы предлагаем вниманию читателей.



## ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

### Квантовая механика

#### Научный метод

Карл Поппер говорит:  
хороша только та теория,  
которую можно опровергнуть.  
Это как если бы я  
зашел сюда на будущей неделе  
в то же время,  
и так же сидел  
перед чашкой кофе  
на том же месте,  
и снова поднял  
на тебя глаза,  
а ты  
опять взглянула  
на меня — все было бы  
точно так же, но  
только  
в этот раз  
я набрался бы храбрости  
и улыбнулся  
тебе.

#### Интуиция

Рыжеволосая женщина  
сказала, что  
стекло — напряженное.  
Она ничего не знала  
о беспорядочных  
цепочках и кольцах  
двуоксида кремния,  
о конфликтности  
их структур.  
Она всего лишь взглянула  
на его зеленый  
надколотый  
край.

В начале —  
всегда  
классика.  
И в конце концов,  
это химия —  
чтобы гореть, одно  
полено должно  
касаться другого.  
Самый жуткий  
период — это  
период роста.  
Что может увидеть один —  
может и другой;  
и нет доказательств,  
что при разделении  
запутанность  
исчезает.  
В зрелости  
сингулярности  
ее уже  
не пугают,  
она  
становится  
теорией,  
при-  
миряющей  
пограничные напряжения.  
И как же она  
закончится? Как  
любовь,  
в этом мире  
опровер-  
гаемых истин,  
в вакууме,  
ее место заполнится  
новым.

# Удивленный ХИМИК

Лауреат Нобелевской премии  
по химии

**Роалд Хофман**



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

## Сжатый бензол

Эта история о теоретическом результате, который меня очень удивил. Хотя не должен был. Но давайте по порядку. В Корнеллском университете в группе, которой руковожу я и Нил Эшкрофт, работает талантливый постдок Сяо-Дун Вэнь. Он исследовал превращения бензола при высоком давлении. Молекулу бензола сплющивали между алмазными пластинами и раньше, получая при этом некий аморфный полимерный материал. Наш интерес к таким материалам был связан с нашими же давними расчетами гипотетического «металлического» бензола, обладающего необычной проводимостью.

Сяо-Дун обнаружил, что при определенном высоком давлении бензол спонтанно перегруппировывается, и не в один, а в целое семейство регулярных двумерных полимеров с таким же, как у бензола, составом —  $C_6H_6$ , или  $(CH)_6$ , или, еще проще,  $CH$ . Но в отличие от бензола, эти полимеры не ароматические, то есть они не стабилизированы чередующимися одинарными и двойными связями между атомами углерода, образующими шестиугольник. Более того, полимер не линейный и представляет собой двумерную сетку. Его сейчас называют графаном.

## Графен и графан

В 2010 году Нобелевскую премию по физике за открытие графена получили Андрей Гейм и Константин Новоселов (Манчестер, Великобритания). Слоистая структура графита известна давно — моноатомные листы из углерода связаны между собой слабыми межмолекулярными силами. Простая физическая процедура — приклеивание к скотчу и механический отрыв — позволила Новоселову, Гейму и их коллегам получить лист монослоя графена, с которым можно производить всевозможные манипуляции.

Графан — это слой гидрированного графена, в котором каждый углерод соединен с водородом. Если водороды присоединены регулярно сверху и снизу сетки углеродов (рис. 1а), получается нечто похожее на то, что химик назвал бы сетью циклогексановых колец в конформации «кресло». А можно получить аналогичную структуру из конформации «ванна» (рис. 1б) или другую (рис. 1в), которая напоминает сотни неорганических соединений, таких, как  $BaIn_2$  или  $TiNiSi$ .

Графен — реальность. Но был ли получен графан? Дэниел Элиас и его коллеги из Манчестерского университета продвинулись дальше всех, однако мы так и не имеем кристаллической структуры — только грубые изображения материала, полученные с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Но уж теоретических расчетов структуры графана хватает с избытком, будьте спокойны.

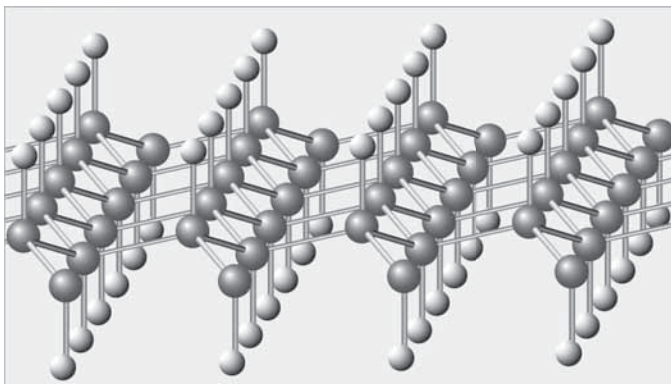
## Графан против бензола

Так вот, Сяо-Дун обнаружил, что в широком диапазоне давлений все три графана термодинамически более стабильны, чем бензол. Когда он мне показал результаты своих вычислений,

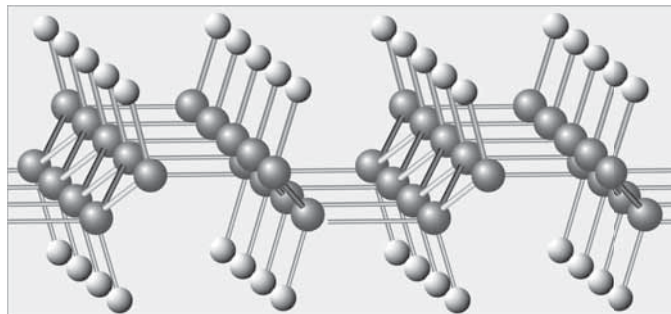
я тут же ему ответил (как и все научные руководители): «Вы где-то ошиблись». Когда же мне доказали, что все правильно, я ненадолго присел и закрыл глаза.

Как и у любого химика, у меня есть интуиция, выработанная за 50 лет практики. И эта интуиция и опыт, без сомнения, оказывают огромное давление.

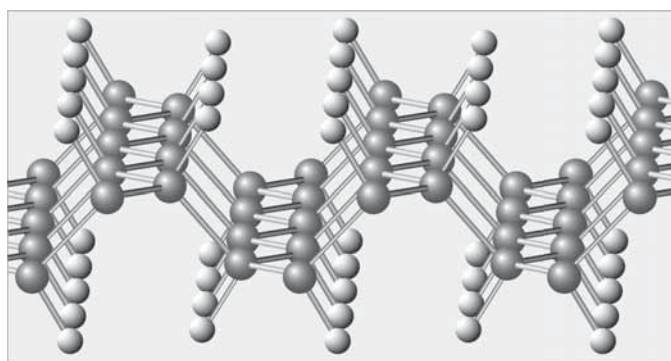
а



б



в



1

*Возможные структуры графана*

Действительно ли гидроуглерод более стабилен, чем бензол, при комнатной температуре? Бензол — это классическая ароматическая молекула, эмблема химии. Шестиуглеродное

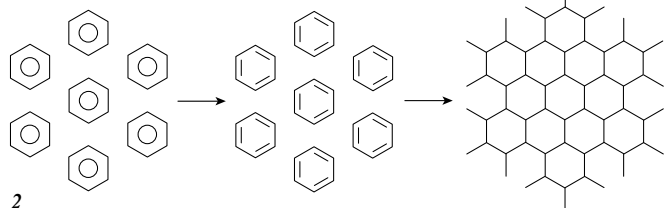


кольцо всегда сохраняет свою целостность, чем бы мы ни заменяли водороды в бензольном кольце. Например, из бензола можно получить целую россыпь его производных, что химики и сделали в XIX веке: от хлорбензола ( $C_6H_5Cl$ ), толуола ( $C_6H_5CH_3$ ), нитробензола ( $C_6H_5NO_2$ ) и взрывчатки тринитротолуола ( $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$ ) до аспирина, мескалина, новокаина... Везде — и в биологических системах, и в лабораториях — углеродный шестиугольник остается неизменным. Стабильность прародителя  $C_6H_6$  незыблема, и с этим трудно спорить. Если исключить тот факт, что бензол менее стабилен, чем графан. Это показали вычисления, и я должен был с этим согласиться.

## Мысленный эксперимент

Объясню, почему именно «должен». Представим, как гипотетически образуется графан из нескольких бензольных колец (рис. 2). На первом этапе молекулы бензола лишаются своей ароматичности (на бумаге) и связи локализуются внутри циклогексатриена — структуры Кекуле, известной всем со школы. Сколько может стоить «потеря резонансной энергии» или «потеря ароматичности»? Ее оценивают примерно в 270 килоджоулей на моль.

На следующем этапе «деароматизированные» бензолы полимеризуются в двумерную сетку. В процессе образуются



2

Схема получения графана теоретически может быть такой

шесть сигма-связей «углерод—углерод» (самый сильный тип ковалентной связи), хотя на каждое кольцо приходится только три, поскольку каждая новая связь делится между двумя бензольными кольцами. Три двойные связи в каждом циклогексатриене превращаются в одинарные.

Сколько энергии потребуется для этого? Пи-связь в двойной связи гораздо слабее сигма-связи. Эту энергию оценить можно только косвенно. Например, по теплоте реакции образования циклогексана ( $C_6H_{12}$ ) из трех этиленов ( $C_2H_4$ ), когда три пи-связи превращаются в три сигма-связи. Эта энергия составляет минус 282 кДж/моль, что известно из эксперимента. Другой способ оценить энергию разрыва пи-связи — посмотреть на энергию вращения двух  $CH_2$  групп на 90 градусов в этилене и сравнить ее с энергией С-С сигма-связи. В этом случае мы получим несколько большее значение — минус 315 кДж/моль на три связи.

Суммарная теплота двух процессов для  $C_6H_6$ :  $+270 - 282$  (или  $-315$ ) =  $-12$  (или  $-45$ ) кДж/моль. Мы сделали ряд допущений, и я пренебрег очевидным изменением энтропии в процессе. Тем не менее бросается в глаза (и это я должен был заметить, но не заметил), что графан стабильнее бензола. Этот же

вывод получается и после более тщательных вычислений. Правда, при применении квантово-механических методов число немного изменится; у нас получилось, что графан примерно на 90 кДж/моль стабильнее бензола.

Надо отметить, что мы были не первые, кто сделал эти расчеты, — до нас в 2007 году их осуществили Джордж Софо, Эджей Чаудари и Грег Барбер из университета Пенсильвании. Возможно, я был первый, кто удивился этим результатам, — мой химический опыт слишком давил на меня.

## Почему же его так трудно сделать?

Если какое-то соединение термодинамически устойчиво, его можно синтезировать. Да, но...

В химии важна не только термодинамическая стабильность, но и кинетическая реализуемость процесса. Химия — это страна термодинамически стабильных или (что более интересно) нестабильных молекул, переходу которых в другое состояние препятствует слишком высокий энергетический барьер. Например, из четырех стабильных двухатомных молекул  $N_2$ ,  $C_2$ ,  $P_2$ ,  $O_2$ , которые с трудом распадаются на атомы, только две могут существовать в индивидуальном состоянии при нормальной температуре и давлении. Тогда как другие двухатомные молекулы (например  $F_2$  или  $Cl_2$ ), гораздо легче распадающиеся на составляющие, отлично существуют при этих же условиях.

Расчет теплоты образования бензола из графита и молекулярного водорода дает положительную величину, но из этого отнюдь не следует, что бензол будет легко разлагаться на элементы. Барьер, который надо преодолеть, чтобы начался распад бензола, чудовищно велик.

Графан — это двумерная сетка, составленная из фрагментов СН. Химики-органики, мастера по превращению нульмерных молекул в другие нульмерные и одномерные, пока с трудом контролируют два и три измерения. Есть, правда, обнадеживающие примеры сложной самосборки металлоорганических каркасов.

Графан немного стабильнее бензола, но нет систематического, шаг за шагом, пути его синтеза (как нет его для бакминстерфуллера). Чтобы получить графан, Элиас и его коллеги обрабатывали графеновый лист водородной плазмой.

Реакция образования графана из бензола, которую мы обсуждали выше, это всего лишь мысленный эксперимент, а никак не метод синтеза. Хотя этот путь «разрешен» в соответствии с принципом, который мы с Робертом Вудвортом сформулировали уже довольно давно. Но даже без учета энтропийного фактора существует высокий активационный барьер, который можно оценить из данных для очень похожей реакции — циклоприсоединения этилена к бутадиену с образованием циклогексена. Он составляет 115 кДж/моль. Нет никаких оснований считать, что энергия «димеризации» циклогексатриена — бензола — будет заметно отличаться от этой величины. Поэтому очень маловероятно, что графан образуется из бензола так, как мы представили это в мысленном эксперименте.

И тем не менее я уверен, что будут разработаны вполне воспроизводимые методы синтеза графанов. Я умышленно говорю о графанах во множественном числе, поскольку три приведенные структуры — стереоизомеры: они отличаются трехмерной организацией атомов в пространстве, но не сильно разнятся энергией. Естественно, она несравнима с тем энергетическим барьером, который надо преодолеть для их собственного образования. И конечно же, образовавшись, графаны не будут самопроизвольно превращаться в бензол.





# Опытный образец

Татьяна Минасян

— Владимир, алло, это ты? Это Артем Егоров. Знаешь, я, кажется, созрел. Сейчас пойду на улицу и прогуляюсь немного. И может, в магазин зайду.

— Уверен? — В голосе Владимира послышалось беспокойство, которое он тут же попытался спрятать за наигранным оптимизмом. — Ну наконец-то, а то шеф мне уже велел тебя поторопить! Слушай, а может, я все-таки к тебе приеду и мы вместе пойдём?

— Нет, — твердо возразил Артем. — Мы же договаривались. Я все сделаю сам.

— Ох, ладно, тогда удачи тебе, и как вернешься — сразу мне перезвони!

— Обязательно, — пообещал Артем и положил трубку.

В подъезде было темно, а на полу перед входной дверью храпел человек — может, бомж, а может, кто-нибудь из пьяных соседей. Егоров едва не споткнулся о бесчувственное тело, но в последний момент заметил это «препятствие» и остановился. Нагнувшись и неуверенно потрепав спящего за плечо, он без особой охоты спросил, не нужна ли помощь. В ответ раздались неразборчивые матюги, в лицо Артему дохнуло перегаром, и он, поморщившись, перешагнул через пьяного и с чистой совестью пошел дальше.

Прямо перед подъездом стояла какая-то здоровенная машина, и Егорову пришлось ее обходить, а на детской площадке, через которую он решил срезать путь, его чуть не сбил с ног ребенок, несущийся прямо на него на дребезжащем звонком велосипеде. Ехал он так быстро, что Артем едва успел отскочить в сторону.

— Ой, извините! — прокричал малолетний велосипедист, на всякий случай еще больше увеличивая скорость.

Артем погрозил ему пальцем и продолжил свое путешествие, внимательно глядя под ноги, обходя попадающиеся на пути бугорки и обломки кирпичей. Пройдя через площадку, он свернул в узкий проход между домами и тут же прижался к стене одного из них, пропуская женщину с детской коляской. Ее каблучки громко цокали об асфальт, а из коляски доносилось довольное младенческое воркование.

Переулок выходил на шоссе, по которому в обе стороны мчались бесконечные потоки машин. Егоров не очень решительно направился к месту перехода. Далеко впереди потухло одно яркое изображение маленького человечка и зажглось другое. Но Артем сперва проверил, точно ли тормозят приближающиеся к переходу машины, и только затем перешел на другую сторону.

Он вовремя успел заметить и небольшую ступеньку на входе в булочную, и открывающуюся ему навстречу прозрачную дверь, и

выходящего из нее покупателя. После залитой солнцем улицы освещение в магазине показалось ему очень слабым. Ловко лавируя между толпящимися в булочной людьми, он пробрался к прилавку.

— Добрый день! — В голосе знакомой продавщицы слышалось удивление. — Вам, как всегда, пшеничный с отрубями?

— Да, и еще пару пирожных. — Егоров решил, что сегодня он имеет полное право устроить себе небольшой праздник. — «Картошки» есть?

— Есть, совсем свежие, утром привезли, — заверила его продавщица, и он, улыбнувшись ей, отправился занимать очередь в кассу.

Обратная дорога заняла у него намного меньше времени, чем путь в булочную, — с каждым шагом прибывало уверенности, которой он не ощущал уже очень давно. Шесть лет и два месяца, если быть точным.

Дома Егоров устало опустился на стул возле тумбочки с телефоном и некоторое время просто сидел, глядя на давно не работающую лампочку и улыбаясь. А потом снял трубку и по привычке на ощупь набрал номер. На другом конце провода ответили почти сразу:

— Институт оптических исследований.

— Можно Владимира Ильинского? — спросил Артем. — Это Егоров звонит, по поводу его опытного образца.

— Да-да, конечно, соединяю.

В трубке запищала какая-то противная прилипчивая мелодия, но вскоре ее прервал взволнованный мужской голос:

— Артем, ты? Ну, как все прошло? Был на улице?

— Все в порядке, — поспешил заверить его Егоров. — Вышел на улицу, погулял, в магазин зашел. И через дорогу рискнул перейти.

— Ну и как?

— Ну, раз с тобой сейчас разговариваю, значит, успешно.

— Не остри, давай рассказывай, со всеми подробностями! Расстояние до объектов правильно определяется?

— Да, все очень точно. Так же, как и в помещениях.

— А скорость объектов?

— Тоже.

— Степень освещенности?

— Просто отлично, я даже удивился.

— Ну, здорово! Сейчас всем нашим перезвоню, и техникам, и биоологам... Да, скажи сначала, проблемы какие-нибудь были? Неудобства?

— Неудобство только одно — очень непривычно ходить без трости. Иногда даже страшновато. Но это, как я понимаю, все временно.

— Да конечно же временно! Я не сомневаюсь, что ты быстро к этому привыкнешь. Еще какие-нибудь недостатки есть? Говори, не стесняйся!

— Ну, мелочи разные... Например, цвета не различаются... Но это правда не настолько важно!

— Да, цвета — это следующий этап, не все сразу! А ты завтра продолжишь испытания?

— Обязательно! Хочу в центр города съездить, там погулять... Может, к вам в институт загляну.

— Заглядывай, я завтра весь день здесь буду. Только смотри осторожнее в городе, под машину не попади!

— Да не волнуйся, справлюсь. Или ты не за меня, а за свой прибор беспокоишься?

— За прибор тоже. А ты как думал? Мы столько времени его разрабатывали, а первый же доброволец возьмет и сломает!

— Не бойся, не сломаю, мне он нужен гораздо больше, чем вам.

— Ничего, через пару лет они будут в каждой аптеке продаваться! Мы их еще посимпатичнее сделаем и размер уменьшим... — В голосе Владимира зазвучали уже знакомые Артему мечтательные нотки.

Артем попрощался, положил трубку и принялся аккуратно отстегивать от правого рукава круглую коробочку на ремешке, на ощупь напоминающую большие наручные часы. Справившись с застежкой, он бережно положил прибор на тумбочку и снял черные очки, связанные с этой коробкой тонким проводом. Черно-белая картинка его прихожей погасла, уступив место привычной темноте, и Егоров, устало вздохнув, машинально провел рукой сначала по прибору, а потом по своим уже шесть лет ничего не видевшим глазам.



# Кухня, ванна и высокая наука



Доктор химических наук  
**Генрих Эрлих**

*Имена женщин не так часто встречаются в истории науки. И не потому, что женщины глупее мужчин (зачастую наоборот). Просто наука требует полной самоотдачи, отрешенности от житейских дел, а порой и фанатичности в достижении цели — только так можно добиться успеха. У женщин же в этом мире есть задачи поважнее — дети, муж, семейный очаг. Полностью отдают себя науке лишь немногие представительницы прекрасного пола. Но именно тогда они выступают с мужчинами на равных и становятся знаменитыми. Сегодня наш рассказ о двух замечательных исследовательницах, чьи имена вписаны в историю нанотехнологий.*

## Домохозяйка Агнесс

Она была домохозяйкой. Звали ее Агнесс Луиза Вильгельмина Покелс. Родилась она в 1862 году в Венеции, которая входила то время в состав Австрийской империи. А отец Агнесс был офицером австрийской армии. В 1871 году Покелсы переехали в Брауншвейг, город в Нижней Саксонии, где Агнесс и прожила всю свою долгую жизнь.

Она росла странным ребенком, ее не интересовали куклы и игра в дочки-матери, переходящая в игру «жених-невеста», она испытывала противоестественное, по мнению окружающих, влечение к естественным наукам, заниматься которыми девушкам было непристойно и невозможно в силу особенностей их мышления. Ведь недаром женщин не принимали в немецкие университеты! Агнесс оставалось только с завистью смотреть на своего младшего брата Фридриха, который поступил в знаменитый Гёттингенский университет, а затем стал профессором теоретической физики в Гейдельберге и обессмертил фамилию Покелс в названии открытого им физического эффекта.

Но это было много позже. Пока же Агнесс читала учебники по физике своего брата-студента и занималась домашним хозяйством, проводя большую часть времени на кухне. Она мыла посуду и размышляла о поверхностном натяжении воды, о том, что вода, которая плещется в тазике, плещется все время по-разному, и это, очевидно, связано с поверхностным натяжением воды и с жиром, который смывается с тарелок.

Этот вопрос настолько ее заинтересовал, что Агнесс решила изучить влияние различных веществ на поверхностное натяжение воды. И в первую очередь, конечно, мыла, без которого не обходилась ни одна хозяйка, желавшая до блеска отмыть жирную посуду. Для исследований она сконструировала незамысловатое устройство, ключевым элементом которого была пуговица, которую она клала на поверхность жидкости, а потом измеряла силу ее отрыва от поверхности. Ее научной лабораторией стала, как нетрудно догадаться, кухня.

## НАНОТЕХНОЛОГИИ

Упорство, настойчивость, аккуратность — эти свойства выгодно отличают женщин от мужчин, и Агнесс Покелс обладала ими в полной мере. Вкупе с немецкой методичностью это позволило ей получить огромный массив данных, проливающих свет на практически не изученную в то время область поверхностных явлений. Она не побоялась представить их на суд лорда Рэля. Рэлей оказался человеком широким и непредвзятым, он не только прочитал письмо молодой женщины, но, оценив важность полученных данных, настоял на их публикации в журнале «Nature». Статья Агнесс Покелс вышла в 1891 году со скромным названием: «Поверхностное натяжение».

Будет большим преувеличением сказать, что статья произвела эффект разорвавшейся бомбы. Ее прочитали и отложили в сторону. Как это часто бывает, научное сообщество долго переваривало новую информацию — интенсивные исследования в этой области начались четверть века спустя, в основном благодаря усилиям Ирвинга Ленгмюра (1881—1957).

Немного изменила эта статья и в жизни самой Агнесс Покелс. Она постепенно оставила занятия наукой. Запоздалое признание пришло через сорок лет. В 1931 году она получила награду Коллоидного общества, а в следующем году Технический университет Брауншвейга пожаловал ей звание почетного доктора философии. По странному совпадению в том же году Ленгмюр получил Нобелевскую премию по химии «за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений». Агнесс так и осталась домохозяйкой, не вышла замуж и всю жизнь прожила одна. Скончалась она в 1935 году — мисс Марпл коллоидной химии.

## Что лежало на поверхности

Что же все-таки сделала Покелс? Она впервые изучила то, что лежало на поверхности, буквально и метафорически.

В истории человечества немало примеров того, как люди десятилетиями и даже столетиями используют какое-нибудь явление, не понимая, какие механизмы лежат в его основе, — технологии опережают науку. В этом нет ничего удивительного, ведь для подавляющего большинства людей практический результат важнее понимания. Для того чтобы пользоваться электронными приборами, вовсе не обязательно знать, как в них течет электрический ток. Ученые — люди любознательные, но и им зачастую не удается докопаться до истины в силу объективных причин, например отсутствия необходимых инструментов исследования. Кроме того, ученые — тоже люди, от них требуют практический результат, а оптимизировать технологию можно и без понимания сути явления. И наконец, ученые всегда стремятся к открытию нового, это намного интереснее и престижнее, чем объяснять давно известное и старое.

Вот так и получилось, что люди узнали о существовании мыла тысячи лет назад, научились его варить сотни лет назад, не имея ни малейшего понятия, что оно собой пред-

ставляет и почему, собственно, смывает грязь. Первый вопрос прояснил в 1808 году французский химик Мишель Эжен Шеврёль (1786—1889), среди прочего — иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук. Он был пионером в исследовании химического строения растительных и животных жиров, ему, в частности, принадлежит патент на изготовление стеариновых свечей, который он получил вместе с Жозефом Гей-Люссаком.

Неудивительно, что именно к Шеврёлю обратились владельцы некоей текстильной фабрики с просьбой выяснить состав мыла — ведь его получали из животного жира обработкой содой. Шеврёль установил, что мыло — это натриевая соль длинной органической кислоты. Такие кислоты с тех пор и называются жирными. Внешне молекула мыла похожа на гусеницу: небольшая, хорошо смачивающаяся водой «головка» и длинный гидрофобный (плохо смачивающийся водой) «хвост». Впрочем, такие детали химии начала XIX века не могли даже вообразить, так что, узнав состав мыла, они забыли о нем на многие десятилетия.

Заслуга Агнесс Покелс заключается в том, что она привлекла внимание ученых к этим, с одной стороны, хорошо известным, а с другой — абсолютно не изученным веществам. Она обнаружила, что мыло уменьшает поверхностное натяжение воды, что его молекулы каким-то образом «выносятся» на поверхность воды и изменяют ее свойства. Эти вещества были названы поверхностно-активными. Сейчас сокращение ПАВ известно всем и не нуждается в расшифровке.

Обнаруженный эффект гораздо проще объяснить с высоты нашего современного знания. Молекулам мыла, в целом плохо смачиваемым водой, некомфортно в глубине, намного выгоднее им находиться на поверхности, опустив головку в воду и выставив хвост наружу. Опять полная аналогия с гусеницей, вгрызающейся в яблоко. Хвост может свободно изгибаться, но, когда молекул на поверхности станет очень много, они покроют ее плотным слоем с частоколом вытянутых в струнку хвостов. Если смотреть снаружи на поверхность мыльной воды, то это будет уже и не вода, а нечто, очень похожее на... масло.

Масло и вода — опыты Бенджамина Франклина. Он получил слои масла толщиной в несколько нанометров, двигаясь к ним, как сейчас принято говорить, сверху вниз, растягивая каплю жидкости сантиметрового диаметра в тонкую пленку площадью в сто квадратных метров. Покелс пришла к похожим слоям, двигаясь снизу вверх, от изолированных молекул, свободно плавающих в водном растворе, к их ассоциату бесконечной протяженности, состоящему из плотно прилегающих и определенным образом ориентированных молекул. Конечно, все это еще предстояло доказать, однако направление движения Покелс задала.

Ответа же на вопрос, почему мыло смывает жир и грязь, пришлось ждать еще четверть века. Начало разгадке положил в 1913 году канадский химик Джеймс Уильям Макбейн (1882—1953), работавший тогда в Великобритании, в университете Бристоля. Он изучал электропроводность растворов мыла, которая оказалась аномально высокой. Для объяснения полученных результатов он предположил, что самоорганизация молекул мыла может протекать не только на поверхности, но и в объеме раствора. Следуя Макбейну, мы можем зримо представить, как это происходит: гидрофобные хвосты молекул мыла сплетаются между собой, образуя подобие капельки масла, поверхность которой покрыта гидрофильными головками, обращенными к воде. Эти гипотетические частицы Макбейн назвал мицеллами.

Последующие исследователи подтвердили правильность его предположения. Оказалось, что размер мицелл наиболее распространенных ПАВ составляет несколько нанометров, а в их состав входит несколько десятков молекул. Формируются мицеллы весьма необычно. Логично было бы предпо-

ложить, что сначала в растворе образуются агрегаты из двух молекул, потом из трех, и так до тех пор, пока не возникнет полноценная мицелла. Для нас, высших животных, такое поведение вполне естественно. Когда-то наши предки бродили в одиночестве по лесам и степям, потом стали сбиваться в семьи, роды, племена, чтобы в итоге превратиться в нацию или «новую историческую общность людей — советский народ». Молекулы ПАВ ведут себя по-другому: при достижении некоторой критической концентрации в растворе они собираются в мицеллу без всяких промежуточных альянсов, раз — и готово! Кроме того, размер мицеллы остается практически постоянным при дальнейшем росте концентрации ПАВ, увеличивается при этом не число молекул ПАВ в мицелле, а число мицелл в растворе. Иными словами, молекулы сразу находят оптимальный размер их сообщества, обеспечивающий им стабильное и комфортное существование, — то, к чему мы, люди, приходим мучительным путем проб и ошибок.

Одно из важнейших свойств мицелл — способность поглощать молекулы гидрофобных веществ. Понятно, что «рабочим телом» здесь служит ядро мицеллы, сам процесс, по сути, аналогичен экстракции гидрофобных соединений из воды органическим растворителем типа бензина, а мицеллы служат экстракторами нанометровых размеров, или наноректорами. Внешне же все выглядит как растворение в присутствии мицелл нерастворимых в воде соединений, поэтому оно получило название «солюбилизация». Именно на этом эффекте основано действие мыла и других моющих средств.

Но вернемся к слоям ПАВ на поверхности воды. Как уже было сказано, Агнесс Покелс выступила в качестве застрельщицы этой области коллоидной химии, основные же исследования развернулись четверть века спустя.

## Первая женщина — доктор физики в Кембридже

Катарина Блуджетт родилась 10 января 1898 года в Скенектади, штат Нью-Йорк. За несколько недель до ее рождения в семье произошла трагедия: вооруженный грабитель, проникший в их дом, застрелил отца Кэт, начальника патентного отдела компании «Дженерал электрик». Компания объявила награду в пять тысяч долларов за поимку убийцы, но потери было не вернуть. Впрочем, семья была достаточно обеспечена, и это позволило молодой вдове с сыном Джорджем и маленькой Кэт перебраться сначала в Нью-Йорк, а в 1901 году — во Францию, где они прожили одиннадцать лет.

После возвращения в США Кэт поступила в частную женскую школу в Нью-Йорке, а затем в Женский колледж свободных искусств в Брин-Маре, штат Пенсильвания. Не стоит пренебрежительно относиться к словам «женский» и «свободные искусства». В то время в США, как и в большинстве других развитых стран, господствовала система раздельного обучения, что было, несомненно, шагом вперед по сравнению с исключительно мужским образованием. А «свободные искусства» включали математику и физику. По уровню их преподавания женские колледжи группы «Семь сестер», в которую входил и колледж Брин-Мар, не сильно уступали мужской «Лиге Плюща».

Незадолго до окончания колледжа произошло знаменательное событие. В рождественские каникулы группу школьниц направили на экскурсию в Скенектади, в исследовательскую лабораторию компании «Дженерал электрик». Там еще работали люди, помнившие старину Блуджетта, и помнившие с самой лучшей стороны, так что Кэт встретили как родную. Ее представили новой «звезде» компании, довольно молодому, тридцатипятилетнему мужчине, докторанту Геттингена, блестящему ученому и просто красавцу Ирвингу Ленгмюру. Судьба Кэт была решена: она будет работать вместе с ним и будет заниматься

тем, чем занимается он. «Сначала выучись», — сказал Ленгмюр, отложив решение проблемы на потом. Девушка произвела на него сильное впечатление своей любознательностью и энтузиазмом. Проблема же заключалась в том, что в исследовательский центр «Дженерал электрик» не принимали женщин.

В 1917 году Блоджетт поступила в Чикагский университет. Ее дипломная работа была посвящена изучению адсорбции различных веществ активированным углем. Эта тема имела самое непосредственное отношение к усовершенствованию противогАЗа, единственному средству защиты от отравляющих газов, широко применявшихся в Первой мировой войне. Не меньшее значение для Кэт имело и то, что она находилась в русле научных интересов Ленгмюра.

Она стала-таки сотрудницей исследовательского центра «Дженерал электрик». Подозреваю, что при этом руководители компании в первую очередь отдавали долг памяти ее отцу и лишь во вторую воздавали должное способностям девушки, но им не пришлось раскаиваться в своем решении.

Заниматься ей выпало не адсорбцией, а лампами накаливания. Компанию возглавлял Томас Эдисон, изобретатель этих самых ламп. Он был убежден, что идеальная лампочка получается только при использовании высокого вакуума. Ленгмюр вскоре после своего прихода в компанию в 1909 году доказал ошибочность этого взгляда. Лампы, заполненные азотом при нормальном давлении, светили сильнее и ярче, были проще в производстве и безопаснее. А еще Ленгмюр обнаружил, что нанесение тончайшего, нанометрового слоя окиси тория на поверхность вольфрамовой нити улучшает ее характеристики. Все эти изменения в технологии принесли компании огромную прибыль, и неудивительно, что на работы в этой области были брошены лучшие силы.

В 1924 году компания направила Блоджетт на стажировку в Англию, в Кавендишскую лабораторию, которой в то время руководил Эрнест Резерфорд. Кэт не стеснялась в сугубо мужском коллективе, в котором, кстати, был П.Л.Капица. Она стала первой женщиной в истории Кембриджского университета, получившей докторскую степень по физике.

## Ванна, мыло и слои Ленгмюра — Блоджетт

По возвращении из Англии Блоджетт наконец занялась делом своей жизни — изучением слоев поверхностно-активных веществ. К этому времени Ленгмюр изобрел устройство, вошедшее в историю под его именем. «Ванна Ленгмюра» действительно напоминала ванну, но с подвижными стенками. За счет этого можно было растягивать и сжимать слой мыла на поверхности воды. Ванна, мыло — эти слова ассоциировались с женщинами, возможно, поэтому Ленгмюр отдал эти исследования на откуп Кэт.

Они научились делать с молекулами мыла все, чего ни пожелаешь. При низких концентрациях молекулы плавали поодиночке по поверхности воды и вели себя как своего рода двумерный газ. С ростом концентрации они конденсировались в плоские жидкие капли, а затем застывали в сплошной слой толщиной в одну молекулу, который при сжатии приобретал строго регулярную структуру, подобную кристаллу. Эти и многие другие полученные ими результаты были чрезвычайно интересны с научной точки зрения и вполне заслуживали присуждения Нобелевской премии, но их практическая значимость была нулевой. Ведь все эти слои получали на поверхности воды, субстанции, как известно, текучей и изменчивой.

Все переменялось, когда Блоджетт придумала, как переносить эти слои на твердую подложку. В том, что придумала это именно Кэт, сомнений нет. Да, в научной литературе употребляют словосочетание «слои (метод) Ленгмюра — Блоджетт»,



но в патентах фигурирует только одна фамилия — Блоджетт. Наука наукой, а роялти врозь.

Метод чрезвычайно прост, как и все великое. Плотный слой мыла на поверхности воды можно уподобить прочному покрывалу, одна сторона которого, обращенная к воде, гидрофильна, а другая — гидрофобна. Возьмем теперь тонкую пластинку, подведем ее стоймя под слой мыла и начнем поднимать вертикально вверх. Вода будет стекать по стенкам, а «покрывало» будет плотно облепать поверхность пластинки. Этот опыт вы можете воспроизвести у себя дома, в тазу или ванной. Все, что вам нужно, это вода, мыло и хорошо отмытая стеклянная пластинка, на которой вода растекается тонким слоем. Сделав все описанные выше манипуляции, вы получите пластинку, на которой вода собирается в капли, потому что стекло теперь покрывает слой мыла толщиной в два нанометра. Практически вы осуществили один из классических процессов нанотехнологий.

Технология, конечно, более сложна. Вы и сами, исходя из бытового опыта, уже догадались, что «покрывало» при таком подъеме непременно должно натягиваться и растягиваться, а там и до разрыва недалеко. Вот тут-то и пригодились подвижные стенки, которых, увы, нет в наших ваннах. В сконструированном Блоджетт устройстве стенки постепенно сближаются, поддерживая постоянным давление (натяжение) в поверхностном слое. Искусство экспериментатора, желающего получить качественное покрытие, заключается в точном согласовании скорости подъема пластинки и скорости движения стенок ванны.

Как и во всяком деле, самым трудным был первый шаг. Перед Блоджетт, придумавшей, как нанести мономолекулярный слой на твердую поверхность, открылось огромное поле для деятельности. Вот и вы, проделав на практике или мысленно описанный выше эксперимент, наверняка задались вопросом: а зачем непременно поднимать пластинку снизу вверх, ведь это так неудобно, почему бы не опускать ее сверху вниз? Что ж, можно делать и так, но при этом «покрывало» ляжет на пластинку другой стороной. «Черный верх, белый низ» трансформируются в «белый верх, черный низ». Тоже интересно! А кто сказал, что надо брать непременно «голую» пластинку? Действительно, можно взять пластинку с нанесенным на нее монослоем и тем же способом нанести поверх него еще один слой, и еще, и еще. А слои-то могут быть разными, и ориентированы они могут быть по-разному, и т. д. и т. п. Перед нами молекулярный конструктор, в который можно играть до бесконечности.

Сейчас в научно-популярной, да и в научной литературе, можно встретить утверждения, что в тридцатые годы метод Ленгмюра — Блоджетт вызывал чисто академический интерес, практическую же его реализацию стимулировало лишь развитие нанотехнологий — детища нашего времени. На самом деле это не так. Не будем забывать, что Ленгмюр и Блоджетт работали в компании «Дженерал электрик», которую интересовали в первую очередь практические результаты.



Блоджетт обнаружила, что цвет получаемых ею «слоеных пирогов» зависит как от химической природы молекул поверхностно-активного вещества, так и от числа слоев. Она составила детальную цветовую шкалу, позволявшую легко определять толщину нанесенного покрытия без каких-либо измерений. А еще Блоджетт обнаружила, что при определенных условиях покрытие вообще практически не отражает падающий свет, пропуская более 99%. Оно не только само становится невидимым, но и делает идеально прозрачным стекло, на которое оно нанесено. «Просветленная оптика» — так это называется, и люди, профессионально занимающиеся фотографией, прекрасно знакомы с этим термином.

О создании «невидимого» стекла компания «Дженерал электрик» объявила в 1938 году, не вдаваясь в технические детали. Они стали известны из патента, полученного Блоджетт в 1940 году. Наилучших результатов она добилась, когда наносила 44 (!) мономолекулярных слоя стеарата бария на поверхность стекла.

Не вина Блоджетт, что эти исследования были остановлены. Таково было решение компании, кроме того, в дело вмешалась Вторая мировая война. Блоджетт разрабатывала составы, предотвращающие обледенение самолетов, и рецептуру дымовых смесей — она занималась тем же, чем занимался в те годы Ирвинг Ленгмюр.

Сейчас фамилия Блоджетт на слуху у всего научного сообщества, хотя склоняют ее часто как мужскую, не столько из-за мужского шовинизма (грешат этим и женщины), сколько из-за пренебрежения историей вопроса, историей всего. Ежегодно проводятся научные конференции, посвященные исключительно слоям Ленгмюра — Блоджетт. Сокращение ЛБ (LB) не нуждается в расшифровке в специальной литературе. Интерес к ним действительно резко возрос в эпоху нанотехнологий, но я бы затруднился дать однозначный ответ на вопрос, что здесь причина, а что — следствие.

С помощью молекулярного конструктора Блоджетт на поверхности различных подложек получают тончайшие слои (вплоть до толщины в один атом) электропроводящих, полупроводниковых и магнитных веществ. Подвижные слои поверхностно-активных веществ армируют холестерин и другими соединениями, придавая им твердость, на их поверхность или внутрь вводят молекулы белков. В целом все это чрезвычайно напоминает — вы абсолютно правы! — мембраны клеток живых организмов.

ЛБ-слои сами могут служить подложкой для образования и роста неорганических кристаллов. Похожим образом в живых организмах формируются кости, зубы, панцири, и мы, моделируя и воспроизводя Природу, сможем с помощью метода Блоджетт получить новые бионеорганические материалы (их иногда называют биокерамикой) для протезирования или иных технических целей.

Это — дело будущего, но уже сейчас ЛБ-слои используют для производства рентгеновских дифракционных решеток, газовых сенсоров, рабочих элементов так называемых пермембранных мембран, позволяющих разделять небольшие по размеру молекулы различных веществ, наноразмерных

диэлектрических покрытий и прослоек в электронных устройствах и многого другого. Нанотехнологии в действии.

## Тридцать статей и восемь патентов

За сорок лет своей научной деятельности Блоджетт опубликовала тридцать научных статей и получила восемь патентов. Несладко бы ей пришлось, работая она в наше время в институте Российской академии наук, где основным показателем научной эффективности сотрудника служит число статей, опубликованных в зарубежных журналах. А эта ее странная, если не сказать большего, манера оформлять патенты на свое имя! У нас так не делается, это не по понятиям. В конце концов, бог с ней с наукой, но авторским вознаграждением делиться надо. В состав авторов заявки должны быть непременно включены все помогавшие и способствовавшие, от заведующего лабораторией до директора института, а кроме того, руководство предприятия, на котором предполагается внедрение изобретения. В противном случае внедрение так и останется предполагаемым, ведь у руководства не будет личного стимула для инновации. Наши патенты — это «братская могила», в которой теряется фамилия собственно автора изобретения, а иногда она и вовсе там не присутствует, если человек не может постоять за себя. При такой постановке дела научному сотруднику Блоджетт К. Б. назначили бы по результатам переаттестации самую низкую категорию оплаты труда, а при первом удобном случае спровадили бы на пенсию.

Но в «Дженерал электрик», судя по всему, в ходу была другая система оценки эффективности научной работы сотрудников. На пенсию Блоджетт все же вышла, в положенное время, и прожила еще почти двадцать лет в своем доме в Скенектади, городке, где она родилась и проработала всю жизнь. Замуж она так и не вышла и детей не завела. Единственный родной ей человек, брат Джордж, сгинул в начале 50-х годов в джунглях Коста-Рики, разбившись на пилотируемом им спортивном самолете. А в 1957 году ушел из жизни Ирвинг Ленгмюр.

По воспоминаниям современников, она была деятельной женщиной: играла в любительском театре, участвовала в разных гражданских и благотворительных мероприятиях, днем возилась в саду, по вечерам играла с друзьями в бридж, а по ночам наблюдала звезды в телескоп. Вот уж воистину, интеллигентному человеку никогда не бывает скучно, даже наедине с самим собой, он всегда найдет чем заняться.

Катарине Блоджетт повезло в жизни в том смысле, что она смогла реализовать свои способности. И в то же время ее судьба чем-то напоминает судьбу Агнессы Покелс, не так ли?





## Роджер Пенроуз

Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики  
М., УРСС, ЛКИ, 2011



**К**нига посвящена проблеме искусственного интеллекта. На основе всестороннего анализа достижений современных наук автор пытается найти ответ на вопрос «возможно ли моделирование разума»? Для этого он использует алгоритмизацию математического мышления, машины Тьюринга, теорию сложности, теорему Геделя.

## Лев Геффер

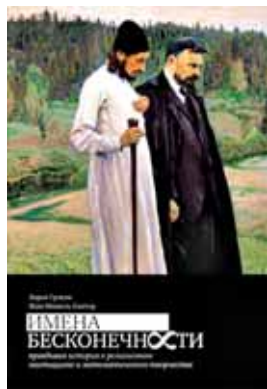
Что такое математика?  
М., ООО «Книжный Клуб Книговек», 2010



**А**втор рассказывает о математике и на простых примерах знакомит с основами этой науки: различными аспектами стереометрии, геометрии Лобачевского и теорией вероятности. Главное в этой книге — не сложные математические выкладки, а логические предпосылки, которые лежат в их основе.

## Лорен Грэхэм, Жан-Мишель Кантор

Имена бесконечности. Правдивая история о религиозном мистицизме и математическом творчестве  
СПб., Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2011



**В** эпоху «кризиса математики» на рубеже XIX—XX вв. важную роль играла не только современность идей, но и творческая конкуренция. Соперничество французских и русских ученых, искавших ответ на один из старейших вопросов математики — о природе бесконечности, привело к великим открытиям.

Книга ориентирована на читателей, интересующихся историей и философией науки, спецификой научного творчества. В ней рассказывается о математической революции конца XIX — начала XX века, тесно связанной с религиозными верованиями и идеологическими убеждениями, амбициями, политическими взглядами и личными обстоятельствами ученых того времени. Им приходилось решать не только математические задачи, но и этические дилеммы.



КНИГИ

На пути к пониманию феномена времени. Конструкции времени в естествознании.

Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем

Под ред. А. П. Левича  
М., Прогресс-Традиция, 2009



**К**ак понимание времени зависит от мировоззрения, господствующего в обществе, и его культуры? Каковы пути, этапы и законы развития Вселенной, биосферы, общества, индивида? Как представления о времени связаны с иными фундаментальными понятиями естествознания, — например с пространством, материей, движением, взаимодействием, энергией, энтропией, жизнью, сознанием? Физики, биологи, географы, специалисты по теории систем, а также математики и философы — участники Российского междисциплинарного семинара по изучению времени, много лет работающего в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, задумались о том, можно ли предложить явную модель времени, этого трудноуловимого и неподвластного человеческой воле элемента бытия.

## Ричард Фейнман

Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!  
М., АСТ, 2011



**А**мериканский физик Ричард Фейнман — нобелевский лауреат, один из создателей квантовой электродинамики, но прежде всего — незаурядная многогранная личность.

Он был известен своим пристрастием к шуткам и розыгрышам, писал изумительные портреты, играл на экзотических музыкальных инструментах. Великолепный оратор, он превращал каждую свою лекцию в захватывающую интеллектуальную игру. На его выступления рвались не только студенты и коллеги, но и люди, просто увлеченные физикой. Читатели этой замечательной книги в полной мере оценят блеск ума и юмора Ричарда Фейнмана.

Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.

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

Интернет-магазин: [www.mdk-arbat.ru](http://www.mdk-arbat.ru)

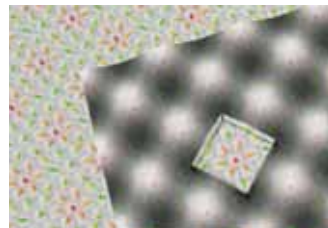
## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### Порядок магнитных вихрей

*В тонкой пленке железа впервые обнаружена решетка из магнитных вихрей.*

«Nature Physics», 31 июля 2011 года, doi: 10.1038/NPHYS2045.

Полвека назад, занимаясь квантовой теорией поля, британец Тони Скирм ввел в теорию понятие о скирмионе (Не вдаваясь в сложную математику, можно сказать, что это такие конфигурации поля, которые могут вести себя как частица.) Скирмионы теперь широко используют и в ядерной физике, и в космологии, и в других областях физики. В частности, под такое определение подпадают магнитные вихри, возникающие в ферромагнетике. Порой они образуют хорошо упорядоченные регулярные структуры, подобно атомам в кристаллической решетке, которые до сих пор наблюдали в объемных образцах материала. Теперь же исследователи из кильского Университета Кристиана Альбрехта и Исследовательского центра Юлиха впервые обнаружили решетку из таких скирмионов в двумерном объекте — одноатомной пленке железа, нанесенной на кристалл палладия. Железо ферромагнитно, поэтому нет ничего удивительного в формировании магнитных структур в этом веществе. Странным было то, что решетка вихрей была почти квадратной, в то время как сами атомы железа в этой пленке образовывали решетку из шестиугольников. Размер скирмионов тоже оказался необычным: они состоят всего из пятнадцати атомов, в то время как в объемном материале такие объекты гораздо больше. Впрочем, не это главное. Факт самопроизвольного возникновения решетки магнитных вихрей в тонкой пленке железа открывает широкие перспективы их использования. Ведь тонкие пленки — основа современной микроэлектроники, а магнитный вихрь — это объект, обладающий спином, то есть предмет исследований такого модного направления, как спинтроника. «Теперь нужно понять, как эти вихри взаимодействуют с электрическим током и можем ли мы их перемещать по своему желанию», — говорит участник работы доктор Кирстен фон Бергман



## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### Наночастицы бьют по сердцу

*Попав внутрь сердца вместе с кровью, некоторые наночастицы могут вызвать учащенное сердцебиение.*

«ACS Nano», 2011, т. 7, № 5, с. 5345, doi: 10.1021/nn200801c/

Разговоры о том, что особо мелкие наночастицы из окружающей среды могут попасть в кровь человека, просочившись сквозь кожу, не смолкают. Чтобы выяснить, какой от них будет вред и будет ли вообще, исследователи Технического университета и Гельмгольцевского центра (Мюнхен) провели опыты на так называемом лангендорфовом сердце. Это сердце, извлеченное из крысы, в котором циркулирует физиологический раствор с питательными веществами. В результате оно живет достаточно долго, чтобы можно было напрямую изучать действие различных веществ на этот орган. Например, наночастиц сажи (компонента дыма, выхлопов дизеля, шин, чернил для принтеров и множества других черных вещей), диоксида титана (компонента белой краски и крема от загара), диоксида кремния, различных силикатов, добавляемых как загустители в косметику, и полистирола. Оказалось, что сажа, диоксид титана и диоксид кремния увеличивают частоту биения сердца на 15% и изменяют параметры кардиограммы, причем в норму они приходили далеко не сразу после того, как наночастицы прекращали добавлять в физраствор. А вот косметические силикаты и полистирол на сердце не действовали. «Скорее всего, наночастицы каким-то образом стимулируют выработку норадреналина — нейромедиатора, который отвечает за сердечный ритм. Наша ближайшая задача — используя эту модель, выяснить, почему одни наночастицы влияют на работу сердца, а другие нет», — говорит участник работы профессор Рейнгард Нейснер из Института гидрохимии Технического университета. В принципе они могут действовать как сами по себе, так и в качестве носителей каких-то биологически активных веществ.

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### Взгляд внутрь тела

*Ученые рассмотрели печень живой мыши, не нанеся ей ни малейшего повреждения.*

«Nature Biotechnology», 2011, т. 29, с. 757, doi: 10.1038/nbt.1918.

Способность заглядывать внутрь живого тела до сих пор приписывали только экстрасенсам. Ученые же могли это делать лишь с помощью томографа — прибора большого, дорогого и капризного. После того как в научный обиход вошли флуоресцентные белки, ситуация, казалось бы, улучшилась — введи их в какой-то орган, активируй и смотри на здоровье. Однако гемоглобин крови отлично поглощает как стимулирующее излучение, так и само свечение наиболее распространенных таких белков — полученных из кораллов или медуз (см. «Химию и жизнь», 2008, № 12). Для неинвазивных опытов приходилось даже выводить прозрачных лягушек. Но как заглянуть внутрь обычного организма? Ученым из Колледжа Альберта Эйнштейна в Бронксе, принадлежащего Университету Иешивы, удалось решить эту задачу. Возглавлял работу заведующий лабораторией доктор Вячеслав Верхуша.



Они сконструировали белок на основе бактериального фитохрома (с помощью этого пигмента бактерии определяют степень освещенности). Он и активируется, и излучает в той инфракрасной области спектра, в которой тела земных обитателей практически прозрачны. Кодирующую белок последовательность встроили в геном аденовируса и ввели его в кровь мыши. Вирус быстро добрался до печени — а получать имеющимися методами изображение этого органа очень трудно из-за большого содержания в нем крови — и встроился в ее клетки. Там начался синтез нужного белка, и через пять дней печень отлично светилась. Ученые вдоволь налюбовались на этот орган подопытной мыши, а само животное не испытывало никакого дискомфорта. Видимо, через некоторое время появится и медицинская методика такого исследования.

## В зару бе ж н ы х ла бо ра то ри я х

### Жизнь у ветряной турбины

*Ветряк в море создает новую среду обитания и способствует увеличению биоразнообразия.*

«Environmental Research Letters», <http://iopscience.iop.org/1748-9326/6/3/035101>.

На суше ветряные электростанции не многим нравятся — очень уж шумят во время работы. Поэтому сейчас в северных странах Европы (а именно там альтернативная энергетика продвигается семимильными шагами) их убирают подальше в море: там и ветер свежее, и людей нет. А как воспримут ветряки морские обитатели? Двухлетнее исследование на эту тему провели на электростанции близ Эмонда-ан-Зее голландские ученые во главе с профессором Ханом Линдебумом из Вагенингеновского университета.

На донных организмах строительство искусственного рифа и установка опор ветряка никак не сказались. Зато всевозможные обитатели получили значительное пространство для жизни — и склоны рифа, и элементы опор обросли ракушками, анемонами и другими подобными существами. Там же поселились и крабы. Вокруг турбин развелось немало рыбы, в том числе промысловых пород вроде трески. Причина понятна: в районе электростанции промысел запрещен, вот рыбы и освоили убежище. Более или менее пострадавшими можно признать некоторые виды птиц, которые избегают турбин. Однако другие пернатые, наоборот, любят ловить рыб рядом с электростанцией. Что касается жертв среди них от столкновения с лопастями, то их оказалось очень немного.

В общем, отмечают ученые, если проектировать морские ветростанции с умом, то вполне можно избежать неприятных последствий для окружающей среды.

**Агроном, отращивая корни!**

*Растения с длинными корнями помогут убрать излишек углекислого газа из атмосферы.*

«Annals of Botany», 3 августа 2011 года, doi: 10.1093/aob/mcr175.

**Р**ост содержания углекислого газа в атмосфере независимо от вызвавших его причин неизбежно приводит к потеплению из-за парникового эффекта. Избавиться от CO<sub>2</sub> хотя бы на время — очень актуальная задача. Одна из самых востребованных идей — спрятать газ под землю. Тут возможны варианты. Многие хотят закачивать его в пустоты, возникшие при извлечении полезных ископаемых, забывая, что, если когда-нибудь этот тяжелый газ вырвется из такого хранилища, он уничтожит все живое на несколько километров вокруг. А нельзя ли воспользоваться менее экстравагантными способностями растений, которые вот уж миллиарды лет успешно извлекают CO<sub>2</sub> из атмосферы и захоранивают его в виде органических веществ почвы, торфа, нефти и угля? Таким путем предлагает идти профессор Манчестерского университета Дуглас Келл, по совместительству исполнительный директор британского Исследовательского совета по биотехнологии и биологическим наукам.

Корни — та часть растения, которая гниет дольше всего и, следовательно, дольше всего сохраняет углекислый газ в связанном состоянии. «Мы знаем, что появление цветковых растений и деревьев с глубоко залегающими корнями значительно снизило содержание парникового газа на геологических масштабах времени. Сейчас у возделываемых человеком растений корни проникают не глубже, чем на один метр. Если же вывести сорта с двухметровыми корнями, извлечение углекислого газа из атмосферы на тех же посевных площадях удвоится», — считает профессор Келл. Кроме того, улучшится структура почвы (всякий, кто копал глубокие ямы в своем саду, знает, что на двухметровой глубине ее уже нет, там лежит чистая глина или песок), а растения получат доступ к воде, которая не иссякнет даже в сильную засуху.

Вести селекцию на длину корней еще никому не приходило в голову, поэтому перед британскими ботаниками и биотехнологами открываются широкие перспективы для интересной работы. Недаром профессор Келл занимает столь ответственный пост, связанный с распределением госфинансирования.

**Информация по лучу света**

*Бытовым светильником на светодиодах можно передавать информацию в компьютер.*

Агентство «Alpha-Galileo», 2 августа 2011 года.

**Д**ля экономии энергии лампы накаливания во всем мире заменяют светодиодами, то есть полупроводниковыми приборами, с которыми можно проделывать немало хитрых операций. Так, ученые из Фраунгоферовского института телекоммуникаций и Института Генриха Герца научились модулировать излучаемый белым диодом свет, причем с очень высокой частотой. В результате получился гибридный осветительный прибор и передатчик информации, работающий со скоростью 100 мегабит в секунду. Такой свет может одновременно передавать на компьютеры пользователей четыре фильма с высоким качеством изображения, что и было продемонстрировано в мае 2011 года на выставке во французском Ренне. Главное — расположить приемник информации, а это фотодетектор, в зоне освещения и не загромождать его руками.



К сожалению, пользователь лишен обратной связи со светодиодом и не может передавать ему информацию. Но, как нетрудно догадаться, создать специальный осветительно-сетевой светодиод, оснащенный фотоприемником, — дело несложное. И тогда в освещенном такими диодами офисе можно будет избавиться от многочисленных проводов, и радиосеть будет не нужна. В первую очередь такие устройства понадобятся на самолетах, в хирургических операциях и везде, где использование радиосвязи нежелательно. «В ближайшем будущем мы значительно увеличим скорость передачи данных, — говорит Клаус-Дитер Ланге, менеджер проекта от Института Генриха Герца. — В лаборатории уже удалось достичь 800 мегабит в секунду с использованием красно-сине-зелено-белого светодиода».

**Отравленная шуба хомяка**

*Африканский косматый хомяк использует сок дерева для защиты от хищников.*

«Proceedings of The Royal Society B», 3 августа 2011, doi: 10.1098/rspb.2011.1169.

**В**Кении живет косматый хомяк *Lophiomys imhausi*, которого из-за длинных волос вдоль спины называют еще гребенчатой крысой. При виде хищника он не прячется, а всю демонстрирует свою яркую черно-белую окраску. Умный хищник его не тронет, а если глупая собака хомяка все-таки схватит, то у нее может случиться сердечный приступ. «Неужели он ядовитый?» — задумались ученые из Оксфордского университета во главе с Джонатаном Кингдоном. И вместе с коллегами из Национального музея Кении и Общества сохранения дикой природы стали искать, где же находится яд у хомяка. Оказалось, что тот его не вырабатывает сам, а подобно своим разумным соседям — восточноафриканским охотникам пользуется соком ядовитой аокантеры. В нем содержится гликозид уабаин, который медики применяют для стимулирования работы сердца. А в больших дозах он может и убить.



Хомяк грызет кору аокантеры (сам он к яду устойчив) и потом вылизывает свои бока. Исследование под электронным микроскопом показало, что волоски его черно-белого подшерстка очень пористые. В полостях накапливается яд, и это делает животное опасным для хищников. Впрочем, не только на яд полагается маленький хомяк. У него толстый череп и очень прочная кожа — на тот случай, если неопытный зверь все-таки схватит его. А взрослые кенийские хищники знают: хомяка трогать не надо.

**Ген сухопутной жизни**

*Найден ген, без которого все наземные растения засохли бы.*

«Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т. 108 (30), с. 12354, doi: 10.1073/pnas.1108444108.

**В**одному растению нет надобности защищать себя от засухи. А вот растениям, вышедшим из моря на сушу, без этого нет жизни. Поэтому они обзавелись поверхностной защитной пленкой — кутикулой. Ее основное вещество — белок кутин. Именно его исследованиями и занялся Чен Госюн, поступив в 2000 году в аспиранту Университета Хайфы к профессору Эвиатару Нево. В ходе работы он обнаружил в Иудейской пустыне дикий карликовый ячмень: из-за мутации в гене, связанном с синтезом кутина, он терял много влаги и не мог вырасти большим и красивым. Защитив диссертацию, Чен вернулся в родной Китай и занялся самостоятельными исследованиями, но мысль о кутине не давала ему покоя. В конце концов он собрал международную группу ученых, и они вплотную занялись кутиновой проблемой. Им удалось открыть совершенно новый ген, связанный с синтезом кутина, который есть у всех наземных растений и за редким исключением отсутствует у водных. В честь профессора Нево ген назвали Eibi1. Авторы работы считают, что именно он — ключевой элемент, который позволил жизни выйти на сушу. Открытие порадует не только специалистов по теории эволюции, но и прикладников: исследование вариаций гена Eibi1 дает селекционерам шанс лучше понять детали синтеза растением защитной пленки и повысить их устойчивость к засухе и засоленности почв..



# Будущее лечебных фагов

Доктор биологических наук

**В.Н.Крылов,**

заведующий лабораторией генетики бактериофагов  
Института вакцин и сывороток им. И.И.Мечникова

*Слышу голоса, что вечно правы,  
И пугаюсь этой правоты .*

Группа «Воскресение»

В последние годы научные и популярные журналы много пишут о том, что с помощью бактериальных вирусов (они же бактериофаги) можно остановить распространение инфекций, нечувствительных к антибиотикам. Большинство публикаций чрезвычайно оптимистичны, поскольку действительно есть много удачных примеров лечения фагами как в экспериментальных условиях, так и в клиниках, больницах, роддомах.

Однако не все так просто. Поговорим о плюсах и минусах такого лечения и о том, что, как мне представляется, необходимо фаготерапии, чтобы стать стандартной, безопасной и общедоступной медицинской процедурой.

## Возрождение фаготерапии на Западе

Феликс д'Эрель был одним из первых, кто открыл бактериальные вирусы, и именно он предложил лечить ими инфекции. В 1917 году он нашел в испражнениях пациента, больного дизентерией, некую субстанцию, которая убивала вредоносные бактерии, и назвал ее «бактериофаг» (от греческого «пожиратель бактерий»).

Фаготерапию по д'Эрелю, то есть использование смесей живых и активных фагов, выделенных из окружающей среды, с переменным успехом применяли вплоть до появления антибиотиков. Лечение не всегда помогало — в основном, как нам теперь ясно, из-за непонимания природы фагов. Тем не менее практически в том же виде фаготерапия существует до сих пор в трех странах: России, Грузии и Польше.

Этот тип лечения снова привлек пристальное внимание Запада, когда стало понятно, что активно распространяются патогенные бактерии, устойчивые к антибиотикам разных групп, а бороться с ними нечем. Такие бактерии сокращенно называют MDR (multi-drug-resistant). Фаги обсуждают как реальную альтернативу антибиотикам и даже рассказывают о них в телепередачах, подчеркивая невостребованный потенциал и призывая как можно скорее вернуть их в медицинскую практику.

Однако, как писал Гераклит, нельзя войти в одну реку дважды. Сейчас мы понимаем, что фаги — активные участники эволюции на Земле, а это должно принципиально изменить отношение к ним как медицинским препаратам. И в первую очередь их нужно «доисследовать».

Практически во всех западных статьях лечение фагами описывают как недорогой, абсолютно безопасный и простой в применении способ, подходящий для лечения всех заболеваний, вызванных патогенными бактериями. При этом ссылаются на опыт России, Грузии и Польши. И почему-то никто не задумывается над очевидным вопросом: почему в этих странах, где терапия фагами официально разрешена и специализированные предприятия продолжают их производить даже в эру антибиотиков, смеси фагов все еще не стали основным средством борьбы с инфекцией?

## Откуда берутся MDR

Каковы истинные причины появления нечувствительных болезнетворных бактерий? Обычно говорят о злоупотреблении антибиотиками (их часто выписывают без острой необходимости, в завышенных дозах, и продаются они без рецепта), а также о некорректном использовании антибиотиков в животноводстве. Но это только часть правды. Правильный же ответ на этот вопрос позволит по-настоящему оценить результаты будущей терапии фагами (конечно, если она будет развиваться так же стремительно, как лечение антибиотиками).

Почвенные микроорганизмы, вырабатывающие антибиотики, используют их, чтобы победить в борьбе с собратьями за среду обитания. А те бактерии, против которых направлено это оружие, в свою очередь, сопротивляются и становятся резистентными. В результате такого соревнования, например, появились почвенные MDR-бактерии, например штаммы *Providencia*, обитающие в земле, навозе, желудочно-кишечном тракте насекомых, личинок. Вполне возможно, что непатогенные бактерии с «пакетами генов», ответственными за нечувствительность к антибиотикам, сформировались задолго до того, как на Земле появился *Homo sapiens*.

Основная же и очевидная причина развития и проявления патогенных MDR-бактерий — внедрение антибиотиков в медицинскую практику, их производство и применение в огромных масштабах. Фактически злоупотребление ими только ускорило процесс. Взрывное же распространение резистентных штаммов произошло по нескольким причинам,



и, как мне кажется, основные из них связаны с изменением образа жизни людей на планете. Первая причина — урбанизация и резкое сокращение доли населения, живущего в сельской местности, а как следствие этого — ухудшение качества продуктов в городах. Теперь всю еду производят индустриальным способом, и она становится постоянным источником острых кишечных инфекций. Второй фактор — распространение внутрибольничных (так называемых госпитальных или нозокомиальных) инфекций, чему способствуют и переполненность больниц, и низкий уровень гигиены в них. Кроме того, теперь все инфекции переносятся в любой конец света чрезвычайно быстро — в самолетах. Да и население Земли за последние 100 лет стремительно выросло. Скудность способствует быстрому обмену бактериальными штаммами и их эволюции: известные патогены становятся более опасными, а безобидные до недавнего времени бактерии начинают вызывать заболевания.

Складывается впечатление, что человек превратил свой дом, планету Земля, в подобие чашки Петри, в которой он сам стал питательной средой. Стоит ли удивляться, что проблема MDR-возбудителей проявилась так быстро? Не исключено, что широкое внедрение фагов, если оно будет постоянным и неконтролируемым, создаст условия для появления и быстрого роста нового класса патогенов, устойчивых также и к фагам — назовем их MPR, multi-phage-resistant. (Кстати, некоторые подобные «представители» бактерий уже существуют.) Могут ли эти новые фагоустойчивые бактерии как-то повлиять на тяжесть или продолжительность вызываемых ими заболеваний?

## Фаги и бактериальная эволюция

Долгое время взаимоотношения между бактериофагами и бактериями представляли как типичные взаимоотношения хищника и жертвы (на этой идее и основана фаготерапия). Но этот односторонний взгляд в некотором смысле устарел. Фаги и бактерии находятся в состоянии непрерывной коэволюции, они постоянно обмениваются разными перемещаемыми элементами — фрагментами геномов, плазмидами (то есть кольцевыми молекулами ДНК, которые не являются частью хромосомы бактерии, но могут содержать как полезные, так и вредные гены). Более того, и сами бактериофаги взаимодействуют между собой. С учетом этих фактов необходимо тщательно продумать, что может произойти после широкого внедрения фаготерапии.

Известные до настоящего времени бактериальные вирусы классифицируют по морфологии частиц, степени генетического родства и способу взаимодействия с хозяином — бактериальной клеткой. По последнему принципу классические хвостатые фаги разделяют на вирулентные и умеренные. Первые проникают в бактериальную клетку и лизируют ее, то есть убивают, а наружу выходят новые зрелые частицы бактериофага. Если же речь идет об умеренном фаге, то клетка не погибает немедленно, а происходит ее лизогенизация. При

лизогенизации фаг проникает в клетку, встраивается в хромосому клетки-хозяина или остается в клетке в виде плазмид и начинает размножаться синхронно с ДНК клетки хозяина. Такое «спящее» состояние фага называется профагом — экспрессия (активность) большинства его генов выключена.

Однако некоторые гены могут при этом работать, изменяя свойства клеток хозяина (такое явление называется «лизогенная конверсия») — например, их токсичность, патогенность и вирулентность. Более того, умеренные фаги, встроившись в хромосому бактерии, потом могут перенести соседние фрагменты ее генетической информации в другую клетку. Этот процесс называется специализированной трансдукцией. Так происходит горизонтальный генетический перенос (в отличие от вертикального переноса — передачи наследственной информации из поколения в поколение) — базовый процесс бактериальной эволюции. Надо отметить, что даже «хорошие» для лечения вирулентные фаги, сразу убивающие хозяина, могут в определенных условиях осуществить горизонтальный перенос, передав часть бактериального генома от предыдущего хозяина — новому.

Помимо хвостатых существует еще одна группа фагов, — нитевидные, способ взаимодействия которых с бактериями определяют как «хроническую инфекцию». Их геном постоянно присутствует в бактерии и контролирует образование зрелого фага, но бактерия при этом не погибает. Гипотетическую роль этих фагов в эволюции бактерий мы обсудим чуть ниже.

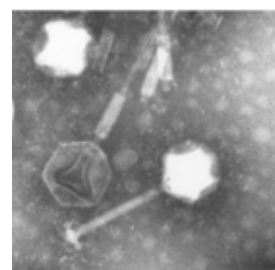
Сегодня, чтобы оценить, подходит фаг для лечения или нет, полностью расшифровывают последовательность всех его генов, а затем, сравнив с базой данных, определяют, за что они отвечают. Считается, что фаги можно отнести к вирулентным, то есть сразу убивающим бактерии, если они не содержат генов, присущих умеренным фагам. Например, гена интегразы — его продукт позволяет фагу встраиваться в хромосому хозяина, или/и репрессора — он выключает литическое развитие.

Впрочем, отбор фагов для лечения по этому критерию, как и любому другому, имеет субъективные и объективные ограничения. Например, на выбор очевидно влияет менталитет практикующих врачей и молекулярных биологов, которые смотрят с разных точек зрения. Для врача важно любой ценой вылечить конкретного больного. Если можно быть уверенным, что для этой цели подойдет умеренный фаг, то им и будут лечить пациента, несмотря на возможность горизонтального генетического переноса и опосредованного влияния на эволюцию бактерий, о чем настойчиво предупреждают молекулярные биологи, биохимики и другие ученые. Но есть и объективная причина: просто не существует достаточного количества вирулентных фагов для каждого патогенного микроорганизма. Поэтому, возможно, придется применять смеси, включающие в том числе и специально измененные умеренные фаги. Таким образом, достижение идеала вряд ли возможно.

На самом деле картина еще сложнее, поскольку помимо двух описанных выше способов взаимодействия фагов и бактерий есть еще и нестандартные.

Бывают случаи, когда явно умеренный фаг не может перейти в состояние стабильного профага или, напротив, вирулентный начинает проявлять свойства умеренного. Причины могут быть самыми разными для каждой системы «фаг—бактерия»: изменение условий выращивания культуры, переход в стационарную фазу размножения, мутации и прочее. Важно то, что эта нестабильная лизогения (псевдолизогения) создает возможность горизонтального генетического переноса. Поэтому прежде чем добавлять фаг в терапевтическую смесь, необходимо тщательно изучить его поведение в разных условиях. Приведу только один пример.

Синегнойная палочка *Pseudomonas aeruginosa* — частый возбудитель раневых, ожоговых, урогенитальных и ряда других, в том числе госпитальных, инфекций. В нашей лабора-



**1**  
В результате псевдолизогенности образуются колонии синегнойной палочки, покрытые слизью. Она препятствует проникновению фагов и антибиотиков

**2**  
Электронная микрофотография фага *phiKZ*, убивающего синегнойную палочку. Частица слева выбросила ДНК — у нее опустошенная головка и сокращенный чехол

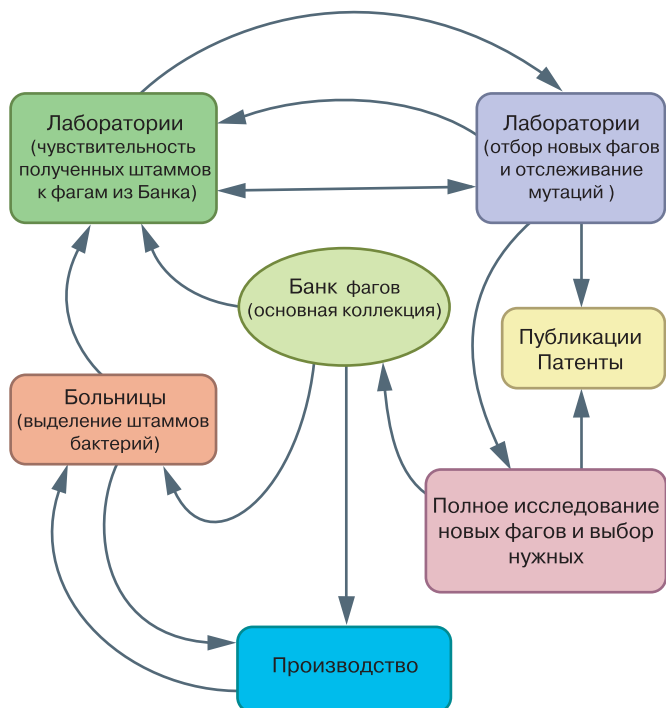
тории был обнаружен феномен взаимодействия синегнойной палочки и фагов рода *phiKZ*. Эти фаги считались до последнего времени истинно вирулентными, поэтому они включены в терапевтические смеси фагов. Однако, как оказалось, их взаимодействие с бактерией зависит от того, сколько фаговых частиц нападает на одну клетку. Если фагов немного, то они ведут себя как обычные вирулентные фаги — спустя небольшое время после заражения все бактерии разрушаются. Если же на клетку приходится нескольких десятков фаговых частиц, то клетки продолжают рост и деление и в течение нескольких дней образуют колонии, которые потом все же погибают, но при этом в культуре обнаруживаются клетки, образующие другие колонии синегнойной палочки — слизистые, или мукоидные. Лечение осложняется, поскольку слизь препятствует действию и фагов, и антибиотиков (рис. 1, 2). Нам удалось выделить мутанты фагов, которые не дают этого нежелательного эффекта и которые можно включать в лечебные смеси безбоязненно.

## Лечение фагами сегодня

Пока что лечение фагами — это только демонстрация их возможностей, а не стандартная терапевтическая процедура. При серьезных бактериальных инфекциях врачи продолжают полагаться только на антибиотики (даже в тех случаях, когда можно использовать бактериофаги). Ведь для практикующих врачей хорош тот метод лечения, который доступен в любой момент даже в самом маленьком городке.

Чтобы лечить антибиотиком, необходимы разрешение на его использование, наличие в аптеках и описание препарата. А вот для использования фагов совершенно недостаточно просто официально их разрешить — нужно создать целую систему обеспечения (рис. 3).

Попробуем представить, что потребуется для того, чтобы доктор мог назначить для лечения бактериофаги. Для начала в каждой больнице должна быть большая коллекция фагов или доступ к такой государственной коллекции (назовем это Банком фагов). Затем доктор должен быстро выбрать из этой коллекции нужный фаг, и здесь необходима помощь клиниче-



3  
*Организация фаготерапии как системной медицинской процедуры. Центральный элемент — Банк фагов. В работе всей схемы участвуют исследовательские, лечебные, учебные и прочие структуры*

ской лаборатории — биохимиков и микробиологов. Наконец, он должен оперативно и в нужном количестве получить выбранный фаг или смесь фагов, причем иметь возможность так же быстро поменять их на другие, если в этом появится необходимость. Все это должно быть стандартной, а не эксклюзивной процедурой.

Как это работало в Советском Союзе? Направление в целом начало развиваться после двух визитов Феликса д'Эреля, который не только поделился знаниями, но и привез базовое оборудование для работы. В 1930-х годах он активно работал в Тбилиси. После Первой мировой войны, двух революций и Гражданской войны лечение фагами попало «в нужное время и место» и доказало свою эффективность.

Тем не менее этот способ так и остался бы экзотикой, если бы не была создана система противоэпидемических мероприятий, в том числе организация нескольких научных институтов, целью которых была борьба с местными инфекциями. Такие институты появились в Москве, Нижнем Новгороде, Перми, Тбилиси, Саратове, Уфе, Хабаровске — фактически они покрывали всю территорию страны. Институты постоянно обменивались бактериофагами, что очень помогало и часто заменяло необходимость искать новые.

Огромную роль лечение фагами сыграло во время Великой Отечественной войны, когда было много инфицированных ранений и кишечных инфекций. Институты отвечали за мониторинг местной эпидемиологической обстановки, за приготовление вакцин и имели собственные производства фаговых препаратов. Именно благодаря такой системе у нас (в отличие от Запада) фаготерапию не забыли и после внедрения антибиотиков.

Сегодня несмотря на то что не каждый доктор ее использует, и даже не все знают о таком способе лечения, фаготерапия у нас существует. Основные производственные мощности сохранены, продолжается отбор новых фагов и их внедрение. Есть положительный опыт применения фагов в хирургии, урологии. Например, при хронических циститах, пиелонефритах, простатитах и уретритах фаги помогают даже тогда, когда антибиотики оказываются бесполезными.

Итак, в России есть некий базис для возрождения фаготерапии на новых принципах. Но проблема в том, что уровень исследования фагов, в том числе и коммерческих смесей, совершенно не отвечает современному пониманию их безопасного использования. В основном их проверяют на литическую активность и периодически заменяют менее активные более активными. Это могут быть как новые фаги, так и «адаптированные варианты» уже используемых — попросту говоря, мутанты с расширенным спектром литической активности. Но чтобы внедрить новый фаг, необходимо его детальнейшим образом изучить (почему, нетрудно понять тем, кто внимательно прочел начало статьи).

Кроме того, до сих пор неясно, проникают ли фаги в кровь и во все органы при введении как через рот, так и другими способами (например, при орошении инфицированных ран). В научной литературе на этот счет можно найти противоположные выводы. Причем в некоторых исследованиях наблюдался положительный эффект от лечения, хотя в крови не обнаруживались следы присутствия фагов (возможно, в таких случаях фаг активирует системы врожденного иммунитета).

В общем, сегодня все специалисты сходятся на том, что эффективность применения фагов, безусловно, зависит от способа его применения. Лучшие результаты достигаются, когда можно непосредственно воздействовать бактериофагом на бактериальную клетку. В основном это инфекции, локализованные на «поверхности»: кожа, ротовая полость, кишечник, уши, глаза, инфекции урогенитальной системы.

Приоритетными направлениями фаготерапии (где можно лечить только с помощью фагов и добиться результата) можно считать острые кишечные инфекции, вызванные разными возбудителями, раневые инфекции и те самые внутрибольничные инфекции, из-за которых часто случаются осложнения после операций и заболевают новорожденные. Причем, как уже отмечалось, существуют отдельные фаги на каждого возбудителя, но есть также и фаговые смеси, которые покрывают максимум возможных патогенов, а стало быть, могут использоваться профилактически. Например, при острых массовых отравлениях зачастую не удается быстро определить возбудителя, поэтому нужно средство с широким спектром действия.

## Бактериофаги или антибиотики?

Начнем с эффективности. Как показали замечательные исследования, которые провели в 1981—1986 годах в польском Институте иммунологии и экспериментальной терапии ПАН под руководством профессора Стефана Слосека (сейчас эту лабораторию бактериофагов возглавляет профессор Анджей Горски), при определенных условиях фаги исключительно эффективны. Были отобраны группы заболеваний (чтобы фаг точно попадал в очаг инфекции), и для каждого больного тщательно подбирали фаг. Из 550 больных гнойными бактериальными инфекциями разной локализации полное излечение было достигнуто в 508 случаях (92,4%), в 38 случаях (6,9%) временное улучшение и только в четырех случаях (0,7%) лечение было неэффективным. Учитывая тот факт, что заболевания у 518 пациентов уже не поддавались

лечению антибиотиками, результат можно расценить как превосходный. Но это «штучная работа», и она демонстрирует принципиальную возможность применения фаготерапии с высоким конечным результатом.

Следующий момент — биодоступность. Введение бактериофагов в кровяное русло требует тщательнейшего исследования, поэтому если речь идет о труднодоступных местах в организме, то здесь они составят конкуренцию антибиотикам не могут. Кроме того, антибиотики, безусловно, более просты в применении по сравнению с фагами. Но уже сегодня при лечении штаммов, нечувствительных к антибиотикам, фаги могут быть бесценны.

Еще одно существенное отличие от антибиотиков — терапия фагами имеет региональную специфичность. Группа специалистов из Санкт-Петербургской Медицинской академии проверила чувствительность штамма синегнойной палочки из их хирургического отделения к смеси «Пиобактериофаг», произведенной в Уральском регионе. Чувствительными оказались не более 48% штаммов. Конечно, для серьезного медицинского применения это недопустимо. Пришлось отбирать дополнительные фаги, и только тогда эффективность повысилась до приемлемых 82%. Правда, это неудобство можно преодолеть рациональной организацией и составлением поливалентных фаговых смесей. Однако такие смеси тоже нельзя делать раз и навсегда — их состав надо все время менять, приспособляя к конкретным возбудителям.

Надо сказать и о мерах предосторожности. Фаги должны быть сертифицированы на непосредственную безопасность, и это первый шаг, который требуется для любого лекарства. Но важна еще и отдаленная безопасность. А этот этап уже требует секвенирования генома, электронной микроскопии и других исследований, включая оценку возможности горизонтального генетического переноса и поведения при различных условиях. Когда говорят об абсолютной безопасности фаготерапии, это означает, что о возможности отдаленных последствий никто не задумывается. Ведь существует вероятность, что возбудитель в ходе лечения за счет горизонтального переноса приобретет новые свойства и станет еще более опасным. Возможно, это произойдет не сразу и проявится в другом месте (у другого пациента). Но такая вероятность есть, и упускать ее из вида нельзя.

Надо подчеркнуть еще один нюанс. Успешное и безопасное лечение фагами возможно только в больничных условиях, потому что, как я уже отмечал, оно напрямую зависит от хорошего взаимодействия лечащего врача и клинической лаборатории. Особенно это касается сложных случаев, которые требуют долгой терапии. Сегодня это практикуют только в нескольких больших госпиталях: НИИ им. Н.В.Склифосовского, Московском Институте урологии, Медицинской академии Санкт-Петербурга и еще в нескольких больницах в других городах.

Учитывая, что широкое применение фагов, в отличие от антибиотиков, требует серьезных и дорогостоящих мероприятий, заявления о простоте и дешевизне этого метода лечения кажутся сомнительными. Тем не менее все эти меры придется осуществить, если в ближайшее время не появятся принципиально новые подходы к лечению инфекционных заболеваний.

## Фаги как антисептики?

Пока мы обсуждали использование фагов в медицинских целях. Но есть «экстремисты», которые предлагают использовать бактериофаги и в других случаях. В частности, было показано, что если обрабатывать фагами стены в больничных палатах и операционных, то частота больничных инфекций снижается. Это, безусловно, ожидаемый результат. Но ведь внутрибольничная инфекция не рождается в больнице, ее

туда приносит кто-то из инфицированных пациентов. Собственно, как было описано в другом исследовании, лечение самих пациентов фагами приводит к такому же результату. Хороша ли эта идея — использовать фаг как антисептик?

Наверное, она отчасти происходит от устоявшегося мнения, что фаги чрезвычайно дешевы и что они — природные враги бактерий. Кроме того, некоторые думают, что матушка-природа — неиссякаемый источник новых фагов. На самом деле многообразие видов фагов, способных убивать бактерии определенного вида, ограничено. Многие из вновь выделяемых фагов имеют минимальные отличия от уже описанных.

Еще одна свежая идея — использовать живые фаги как антисептики для готовых к употреблению продуктов (кстати, это одобрено американским Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов). Есть и другая группа предложений: использовать фаги в ветеринарии и промышленном производстве кур, свиней и крупного рогатого скота.

По понятным причинам большинство острых кишечных инфекций связано с зараженными продуктами — яйцами, мясом птицы и проч. Согласно данным Министерства сельского хозяйства США, домашний скот и птица производят ежегодно 335 миллионов тонн навоза, и это основной источник опасных для людей устойчивых микроорганизмов. Видимо, эта непростая ситуация в дальнейшем будет только ухудшаться. Поэтому «новаторы» предлагают уменьшать количество микроорганизмов в мясе, используя фаги непосредственно перед забоем животных, а потом дополнительно ими обрабатывать сырое мясо.

Например, более половины поголовья промышленных кур заражены *Campylobacter jejuni* и *Salmonella enterica*. Эти симбионты кур совершенно безопасны для них, но очень опасны для людей. Однако нет специальных фагов, которые действовали бы только на человеческие или только присущие животным микроорганизмы. А это значит, что если использовать терапевтические фаги в ветеринарии, то довольно скоро их будет невозможно использовать для лечения людей.

В одном из экспериментов, проведенных в реальных (не лабораторных) условиях, было показано, что куры-бройлеры, обычно инфицированные фагочувствительными штаммами, после того как им в воду или пищу добавляли литические бактериофаги, оказались заражены фагоустойчивыми вариантами бактерий. Применение бактериофага помогает выжить резистентному штамму, который потом может оказаться на столе у нас дома, в детском саду, столовой быстрого питания.

Использовать фаги, чтобы уменьшить инфицированность сельскохозяйственных животных, совершенно неразумно. А их использование для обеззараживания продуктов только ускорит распространение штаммов, мультирезистентных к фагам (MPR). Возможно, частичным решением было бы применять фаги только для лечения людей — и по возможности отдавать предпочтение не смеси фагов, а конкретному типу, активному по отношению к данному инфекционному агенту, чтобы понизить вероятность возникновения MPR.

## Ужастик может стать реальностью

Очевидно, что широкое внедрение фаготерапии повлечет за собой появление новых устойчивых бактерий. При этом последствия могут быть более масштабными, чем сегодня. Множественная устойчивость к антибиотикам создала проблемы, но не привела к немедленному увеличению патогенности и/или вирулентности бактерий. Если же такие бактерии массово возникнут в ответ на применение фагов, то кто знает, какими они будут? Как минимум возможны два сценария: благоприятный и неблагоприятный.

Сначала о хорошем сценарии. Как известно, устойчивость к фагам часто связана с тем, что на поверхности бактерий

происходит утрата или изменение специфических структур (липополисахаридов), к которым прикрепляются фаги. Эти же липополисахариды ответственны за вирулентность бактерий. Поэтому их потеря может сделать новые фагоустойчивые бактерии менее вирулентными и патогенными.

Отрицательный сценарий — настоящий фильм ужасов. Некоторые виды патогенных бактерий, нейссерии, имеют на поверхности не липополисахариды, а укороченные липоолигосахариды. Особое влияние на свойства нейссерий оказывают нитевидные фаги (о них упоминалось в начале статьи). Чтобы безвредный *Neisseria meningitidis* (он встречается в носоглотке у 15—20% людей) превратился в смертельно опасный патоген, он должен заразиться нитевидным фагом. Так могут появляться очень опасные штаммы, вызывающие эпидемические вспышки менингита. Существуют предположения, что в возникновении эпидемических штаммов возбудителя чумы *Yersinia pestis* также участвовали нитевидные вирусы. Последствия непредсказуемы. Поэтому при широком внедрении фаготерапии тщательное изучение свойств множественно-фагоустойчивых мутантов будет крайне важно.

Сегодня также говорят и о перспективах тех продуктов, которые кодируются генами фагов. Перспективы действительно огромные. Более 500 геномов фагов расшифровано, каждый из них кодирует много веществ (генопродуктов), функция большинства которых непонятна. С высокой долей уверенности можно предположить, что среди них могут быть антимикробные пептиды. Однако и эти продукты с антибактериальным эффектом нужно будет исследовать так же тщательно, как и живые фаги. Едва ли эволюция формировала их, думая о пользе для будущего человечества.

## Итог

Во многих случаях бактериофаги не смогут заменить антибиотики. Но они могут стать бесценным подспорьем для врачей при соблюдении некоторых условий, о которых, собственно, и шла речь в этой статье. Еще раз повторю: все успешные случаи применения фагов до настоящего времени — лишь демонстрация их возможностей. Для того чтобы применение стало массовым, предстоит сделать очень много. Первое — фаги надо исследовать, включая генетические



## БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

и фенотипические стороны (как генотип проявляется в реальных условиях). Обязательно нужно контролировать и отслеживать появление резистентных мутантов и их свойства. Второе — следует уточнить, как именно распределяются фаги в человеческом организме, и, возможно, подумать о создании долгоживущих терапевтических фагов. Третье, что нужно сделать для внедрения фаготерапии, — это создать широкую сеть банков фагов в разных странах с возможностью обмена.

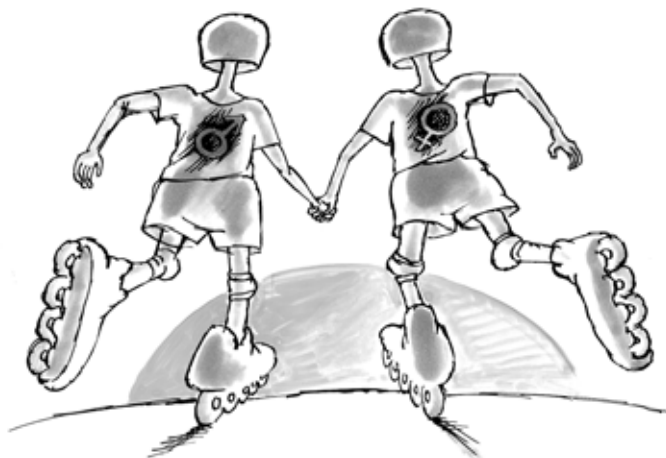
При всем этом есть две первоочередные задачи. Чтобы предотвратить и локализовать кишечные инфекции (вспомните кишечную палочку, появившуюся в Германии), надо собрать широкую коллекцию бактериофагов против всех выделенных патогенов. Это означает большую лабораторную работу, в процессе которой предстоит отобрать новые фаги против опасных и устойчивых бактерий. С помощью фагов из такой коллекции можно будет быстро локализовать очаг инфекции. Вторая задача — госпитальные инфекции. Коммерческая смесь фагов в этом случае чрезвычайно полезна, если она адаптирована к конкретному возбудителю. И снова напомним: при лечении необходимо постоянно контролировать чувствительность бактерий к ним и отслеживать появление устойчивых мутантов.

Отношение к фаготерапии должно быть очень осторожным и профессиональным, поскольку каждый раз, когда мы способствуем «встрече» бактерии с новым фагом, мы вмешиваемся в ход природной бактериальной эволюции. Но если нет других способов помочь больному, то вмешиваться надо, не забывая о мерах предосторожности.



## ИНФОРМАЦИЯ

# О ПОДПИСКЕ



Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки с доставкой по РФ — 690 рублей за полгода, при получении в редакции — 510 рублей.

Оплатить можно в интернет-киоске на нашем сайте: [www.hij.ru](http://www.hij.ru).

## Об архиве

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

Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки по СНГ.

Узнать подробности и заказать архив можно на сайте журнала [www.hij.ru](http://www.hij.ru) и по телефону (499) 267-54-18.

# Водород пурпурных бактерий

**Б**актерии встречаются повсюду: в почве, недрах, озерах, морях, океанах и атмосфере, на высокогорных пиках и в живых организмах. Их количество на нашей планете — порядка  $10^{30}$  клеток, суммарная масса составляет 350—550 млрд. тонн, а видовое разнообразие, возможно, достигает нескольких миллионов. Бактерии помогают человеку в различных делах, от известных с древних времен сыроделия и сквашивания молока до производства лекарств, очистки сточных вод, выщелачивания тяжелых металлов, обезвреживания газовых выбросов, восстановления почв... Можно сказать, бактерии составляют неотъемлемую часть нашей жизни.

О бактериях написано много — в школьных и вузовских учебниках, в научно-популярных книгах и журналах, в научной литературе. Порою нам кажется, что мы знаем о них все. Но разнообразие бактерий еще не исчерпано, ученых ожидают новые находки.

Не так давно сотрудники академического Научного центра микробиологии и депонирования микроорганизмов выделили пурпурные несерные бактерии — родобактеры (*Rhodobacter sphaeroides*) из воды минеральных источников Армении. Оказывается, в знаменитых высокогорных источниках Арзни и Джермук (1280 и 2250 м над уровнем моря) живут особые штаммы пурпурных бактерий. О замечательных свойствах этих бактерий было подробно рассказано в журнале «Прикладная био-



*Один из высокогорных источников минеральных вод в Армении. Хорошо видны яркие цвета, которые придают им пурпурные бактерии*

химия и микробиология» (2002, т. 38, с. 53—57). Среди них отметим наличие важных компонентов, отвечающих за фотосинтез, — пигментов бактериохлорофиллов и каротиноидов, которые придают скоплениям клеток красный, розовый, желтый и коричневый цвета, обеспечивают поглощение инфракрасных лучей и обуславливают фотосинтетическую активность при недостатке кислорода.

Можно строить предположения о том, в какой мере жизнедеятельность пурпурных бактерий влияет на свойства этих минеральных вод, их состав — ионно-солевой, микрокомпонентный, на содержание газов и органических веществ. Но есть еще один, очень интересный аспект.

В нашей лаборатории на кафедре биофизики в Ереванском государственном университете в Армении мы показали, что эти пурпурные бактерии на свету выделяют газ — молекулярный водород. Это известное явление: водород образуется в результате фотосинтеза путем восстановления протонов от органических источников (например, органических кислот) за счет электронов, отдаваемых одним из основных компонентов фото-

синтетического аппарата — ферредоксинном. Выделение водорода происходит с участием фермента нитрогеназы в отсутствие кислорода и при недостатке молекулярного азота, то есть практически в безвоздушных (анаэробных) средах. У этих бактерий есть также другие ферменты — гидрогеназы, которые находятся в мембранах, поглощают и окисляют водород (см. статью М.Б. Литвинова в «Химии и жизни», 2007, № 6).

Новостью оказалось, что в анаэробных условиях они могут выделять водород из органических источников углерода еще и другим способом — с участием гидрогеназы. Происходит это в присутствии (точнее, при утилизации) органических источников азота, то есть, например, аминокислот. Получается, что гидрогеназа может работать в обратном режиме — производить водород! Нам удалось четко установить, что ионы двухвалентного железа и никеля значительно стимулируют выделение водорода этими бактериями. Очевидно, их гидрогеназа — железо-никель-зависимый белок, а



*Различные штаммы пурпурных бактерий в лабораторных сосудах*

железа и никеля в минеральных источниках Арзни и Джермук достаточно. Мы опубликовали эти результаты в американском журнале «International Journal of Hydrogen Energy» (2009, т.34, с.2567—2572 и 2010, т. 35, с. 12201—12207).

То, что водород производит именно гидрогеназа, мы подтвердили также с использованием специфического ингибитора (инактиватора фермента). Более того, мы нашли возможность стимуляции роста пурпурных бактерий в культуре. Когда бактерии выращивали в среде с янтарной кислотой (источник углерода) и аминокислотой глютамином или экстрактом дрожжей (источник азота) — выход водорода повышался существенно — в несколько раз. Мы выяснили также, что это происходило благодаря более активному синтезу пигментов бактериохлорофиллов и каротиноидов.

Интересно, что при росте пурпурных бактерий и выделении ими водорода происходит защелачивание среды. Это может быть результатом переноса протонов внутрь клетки (за него отвечают так называемые протонные АТФазы — белковые комплексы, которые переносят ионы  $H^+$  через мембрану, расходуя при этом энергию молекул АТФ). Если с помощью специфических ингибиторов подавить протонные АТФазы — выключить «насосы», то производство водорода прекращается. Если вспомнить простую реакцию  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow$ , станет понятно, что для увеличения производства водорода необходимо найти пути регуляции протонных циклов у этих бактерий. Биоэнергетикам очевидно, что протонные циклы весьма важны, однако их роль до сих пор обсуждается — неясно и то, как потоки протонов через мембраны связаны с метаболизмом и образованием водорода (особенно в анаэробных условиях, когда работают более простые протонные циклы, образуется мало АТФ и клетке приходится его экономить). Мы надеемся найти конкретные механизмы такой связи, тем более что мы уже предложили модели такой связи у другой бактерии — кишечной палочки.

Наличие определенных штаммов пурпурных бактерий и выделение ими водорода очень важно в понимании исключительных свойств минеральных вод в Армении. Поскольку пурпурные бактерии производят водород за счет органических источников углерода при утилизации органического азота, этот процесс можно рассматривать как природный способ очистки минеральных вод. Но кроме того, читатели, вероятно, уже догадались, что водород, выделяемый бактериями, вызывает интерес и как потенциальный альтернативный источник энергии.

Благодаря жизнедеятельности бактерий в недрах Земли накопились огромные запасы нефти и газа, которые сегодня используются в качестве топлива. Однако нефть и природный газ возобновляются крайне медленно, и их запасы рано или поздно будут исчерпаны. Серьезную проблему представляет и загрязнение продуктами сгорания нефти и газа, и его влияние на климат.

Одним из главных претендентов на роль альтернативного источника энергии считается молекулярный водород, и его мировое производство ежегодно возрастает. Водород содержит большой запас энергии (~142 кДж/моль) — в несколько раз больше, чем нефть или природный газ. Однако среди методов его производства особое значение имеют технологии получения водорода с помощью бактерий — так называемые технологии биоводорода. Эта технология не требует высоких температур и других экстремальных условий — большинство процессов происходит при обычной температуре. Более того, биоводород — возобновляемый ресурс, и при его производстве не образуются токсичные вещества. Однако в такой технологии важен выбор бактерий или ферментов, наименее чувствительных к кислороду и азоту. Гидрогеназы пурпурных несерных бактерий могут оказаться наиболее эффективными. Возможно, гидрогеназы менее чувствительны к кислороду и азоту, чем нитрогеназы, хотя это еще предстоит подтвердить.

Лучше изучены гидрогеназы кишечной палочки — как выяснилось, у нее есть целых четыре таких никель-железо-зависимых фермента, кодируемых разными участками в бактериальном геноме. Почему так много? Все ли они активны? Показано, что одни гидрогеназы кишечной палочки действительно производят водород из органических источников, например органических кислот или спиртов, а другие, наоборот, его окисляют. В конкретных условиях (наличие того или иного органического источника и значение pH среды) каждая гидрогеназа работает в определенном режиме, формируя вместе с другими гидрогеназами водородные циклы. В чем состоит роль этих циклов — очень интересный вопрос, но здесь пока больше спекуляций. Однако любая из гидрогеназ в других условиях может начать работать в обратном режиме! Обратимость гидрогеназ при сбраживании глицерина мы показали недавно и затем подтвердили с помощью наших американских коллег во главе с профессором Томасом Вудом из Техасского университета. Мы смогли идентифицировать гидрогеназы, ответственные за выделение водорода в конкретных условиях сбраживания глюкозы и глицерина. Генетически манипулируя этими гидрогеназами — включая одни и



## ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

выключая другие, а также регулируя их активность с помощью внешних факторов, можно в несколько, даже в десятки раз повысить производство водорода! Так, наши американские коллеги сконструировали штамм кишечной палочки, у которого производство водорода из глюкозы повышено более чем в сто раз по сравнению с исходным штаммом. Глицерин же заметно дешевле глюкозы (его цена колеблется в пределах 5—15 центов за 0,5 кг), и его достаточно много в органических отходах, содержащих жиры. Если «переключить» бактерии на глицерин, это сильно понизило бы стоимость биоводорода. Сейчас ведется поиск дешевого «корма» для бактерий: испытываются отходы производства сои, кукурузного и оливкового масла, молочного производства, сточные воды и др. Но не менее важен другой способ понижения стоимости — использование различных бактерий на разных этапах производства водорода, и это уже серьезно изучается.

Группа ученых из нескольких университетов Великобритании предложила использовать пурпурные бактерии для дополнительного производства водорода за счет органических остатков, образовавшихся после их первичной переработки с участием других бактерий, например кишечной палочки. Такой двухстадийный процесс должен увеличить производство водорода. И такая технология уже работает! Мы тоже наладили двухстадийный процесс с использованием различных бактерий, несколько иной. Подобные способы могут оказаться исключительно эффективными при переработке сточных вод и различных органических отходов. Фактически — это рецепт превращения грязи в ценное топливо.

Совершенные технологии, заимствованные у природы, могут внести значимый вклад в обеспечение потребностей человека уже в обозримом будущем. Пока что мы недостаточно знаем даже о роли бактерий в формировании минеральных вод, но, возможно, источник чистой энергии привлечет больше внимания, чем источник чистой воды...

Доктор биологических наук,  
**Армен Трчунян**,  
член-корреспондент НАН Армении



*Сотрудники лаборатории экологического воспитания ИЦиГ СО РАН на прогулке с микросибсами*

# Мини-свиньи — надежда человечества

Доктор биологических наук

**В. Н. Тихонов,**

Институт цитологии и генетики СО РАН

Все медико-биологические исследования принято проводить сначала на лабораторных животных. Желательно использовать для этой цели не только крыс и кроликов, но и свиней, которые по многим биохимическим и физиологическим характеристикам ближе к людям, чем человекообразные обезьяны. Однако лабораторных свиней в природе не существует, поэтому пришлось потрудиться над их созданием.

## Как уменьшить свинью

Для лабораторных исследований свиньи хороши всем, кроме размеров: масса взрослого животного — 240—350 кг. Они много едят, сравнительно долго растут и занимают слишком много места. Кроме того, обычные свиньи бывают агрессивными, и крупное животное способно оказать серьезное сопротивление экспериментатору. Но если уменьшить массу свиньи в три—пять раз, ее содержание обойдется значительно дешевле, а размеры будут оптимальными для экспериментальных исследований и для содержания в обычных вивариях в двух-трехъярусных клетках. Иногда для работы используют молодых животных обычных пород, не достигших 100 кг. И

все же исследователи предпочитают иметь дело с мелкими породами, которые весят не больше взрослого человека.

Такая порода есть, например, во Франции — корсиканские свиньи. Это полудикие животные, их средняя масса в годовалом возрасте составляет 45 кг, к двум годам — 65 кг. Работать с корсиканскими свиньями неудобно из-за их агрессивного поведения, а также потому, что они покрыты длинной грубой щетиной, — я имел с ними дело во французской радиобиологической лаборатории «Сакле».

В Колорадском университете (США) вывели юкатанских лабораторных мини-свиней. Их получили путем отбора среди животных местной породы, завезенных с Юкатанского полуострова. Свинки и так были некрупные, а после селекции на уменьшение размеров и массы стали еще мельче и весят 40—50 кг. Это спокойные, добродушные животные с редкой щетиной, они прекрасно переносят транспортировку на значительные расстояния. С ними работают во многих лабораториях США, Франции, Англии, Японии, Италии, Германии и других стран. В последнее время стали выращивать и разводить так называемых юкатанских микропигов, имеющих в двухмесячном возрасте живую массу 6—8 кг, а в шестимесячном 16—20 кг. Стоят они от 300 и более долларов в США и от 1000 евро в Европе.



*Среднеазиатский кабан из Сары-Челекского заповедника — один из родоначальников мини- и микропигсов, донор генов крепкой конституции*



Взрослый самец минисибс (справа) и взрослый самец исходной родительской породы ландрас. Животные весят 30 и 300 кг соответственно



Вьетнамские свиньи породы Й. Ходят медленно, переваливаясь, иногда наступают на живот, но видимых неудобств от этого не испытывают

Однако не всегда породы лабораторных свиней получают, отбирая мельчайших из мелких. Чаше для селекции используют несколько подвидов домашних и диких свиней европейских и азиатских форм. Таким путем в США, Германии, Японии и Китае вывели более десяти лабораторных пород. Например, хэнфордские мини-свиньи, созданные специально для радиобиологических исследований, — результат скрещивания белой паллоусской породы с питман-мурскими мини-свиньями.

Зарубежные лабораторные свинки дороги и плохо переносят наши суровые условия. Но в России теперь есть собственные мини-свиньи оригинальной селекции — «минисибс» (миниатюрная сибирская свинья), результат многолетней гибридологической работы специалистов Института цитологии и генетики СО РАН. Эти работы мы начали еще в 1960 году. Белую масть и плодовитость минисибсы получили от шведских ландрасских свиней, а карликовый рост — от вьетнамской пятнистой породы, таиладских мелких черных свиней и вьетнамских масковых черных свиней породы Й, которых я изучал в зоопарках Гаваны и Сантьяго-де-Куба, будучи в 1970—1972 годах советником по генетике в Кубинской академии наук. Чтобы свинки имели крепкую конституцию, мы использовали мелких горных среднеазиатских кабанов — я привез их в Сибирь много лет тому назад на самолете из Киргизского Сары-Челекского заповедника.

*Динамика живой массы у мини-свиней и микропигов США, минисибсов и супермелких микросибсов ИЦиГ СО РАН. Для сравнения приведены данные по исходной породе минисибсов — ландрасу*

Породные популяции	Живая масса (кг) животных			
	2 месяца	4 месяца	6 месяцев	12 месяцев
Мини-хэнфорд, США	8—11	20—29	32—42	50—70
Мини-юкатанская, США	7—9	15—20	25—30	45—65
Микропиги, США	6—8	12—14	16—20	35—50
Минисибс, Россия	8—11	20—30	35—40	50—70
Микросибс, Россия	4—5	10—12	15—20	30—35
Ландрас, Россия	20	50	100	200

Процессы выведения минисибсов можно условно разделить на несколько этапов. В первые пять лет мы изучали исходные формы и получали гибриды между ландрасской и вьетнамскими породами, затем скрещивали ландрас-вьетнамские помеси с диким среднеазиатским кабаном, на следующем этапе улучшали крепость конституции, скороспелость и плодовитость гибридов, для чего использовали дикого центральноевропейского кабана и его гибриды с ландрасской породой. И наконец, мы проводили отбор среди полученных животных, добиваясь желаемых породных признаков.

Минисибсы выгодно отличаются от других известных мини-свиней крепкой конституцией, высокой жизнеспособностью, многоплодием (восемь поросят на помет) и преимущественно белой мастью, которая удобна при изучении кожных заболеваний и тестировании новых лекарственных препаратов, вызывающих аллергические реакции у человека. Более 30 лет назад я передал популяцию моих первых мини-свиней в подмосковный Научный центр биомедицинских технологий РАМН, и на их основе специалисты центра получили светлогорскую популяцию мини-свиней, которые от минисибсов отличаются более нежной конституцией.

Существуют разные стандарты мини-свиней. У самых крупных животных массой около 50—70 кг размеры сердца, селезенки, поджелудочной железы, печени и надпочечников аналогичны размерам соответствующих органов взрослого человека. Но во многих случаях предпочтительнее иметь животных помельче. Поэтому на основе минисибсов мы создали лабораторных супермелких свиней. При рождении они весят от 500 до 800 г, в два месяца — всего 4—5 кг, а в шесть — 15—18 кг. Такие свинки очень удобны для учебно-методических работ, фармакологических и токсикологических исследований, для усовершенствования микрохирургических аппаратов, как возможный источник донорских органов для детей. Я уже упоминал, что их можно содержать в условиях вивариев наших учебных и исследовательских институтов, в обычных двухъярусных клетках, — это еще одно их важное преимущество.

Своим супермелким животным мы дали условное название «микросибс». Это самые маленькие из всех существующих лабораторных мини-свиней, и, главное, они адекватны к нашим спартанским условиям содержания. Благодаря их компактному телосложению и спокойному поведению микросибсам в вивариях требуется значительно меньше места, чем лабораторным собакам аналогичных размеров. И едят они немного. Иногда поросята-сосуны остаются без матери, и приходится выкармливать их искусственно. Обычного поросенка-сосуна весом 1,5 кг выводить непросто, но, когда сотрудиникам лаборатории экологического воспитания нашего института пришлось пестовать новорожденного микросибса весом всего 400 г, они справились с задачей, и теперь этот малыш-искусственник ничем не отличается от своих собратьев.

Хотя минисибсы в несколько раз дешевле зарубежных пород, на них нет пока, к сожалению, должного спроса со стороны отечественных медиков. Я надеюсь, что они еще оценят преимущества отечественных сибирских и светлогорских мини-свиней.



*Годовалая свинка-микросибс с поросятами*



*Микросибс Фундук. На этой фотографии ему месяц. При рождении он весил 400 г, а в три месяца — уже три кило*

## Великая польза от маленькой свиньи

Лабораторные свинки заслуженно пользуются репутацией самой лучшей модели для медико-биологических исследований, поскольку их органы размерами, анатомическими и функциональными особенностями в норме и при патологии сходны с человеческими.

У мини-свиней и людей практически одинаковое расположение всех сосудов кардиоваскулярной системы. Небольшое анатомическое отличие заключается только в том, что у свиньи имеется дополнительная малая левая непарная вена, которая входит в коронарный синус. У других лабораторных животных — крыс, кроликов, собак — кардиоваскулярная топография сосудов и гемодинамические особенности в большей степени отличаются от человеческих. Так же сходны с человеческими поджелудочная железа и органы выделения, включая почки, нейрогуморальная система, органы половой системы, в том числе простата и семенники у самцов, яичники и фаллопиевы трубы у самок.

Свиньи обладают достаточно крупным головным мозгом и высокоразвитой центральной нервной системой. По поведенческим реакциям их включают в первую десятку видов животных с наиболее высоким уровнем умственного развития. На свиньях исследуют такие серьезные заболевания, как невроз или шизофрения. На них можно моделировать свойственные человеку стрессорные явления, вызываемые физическими и нервными нагрузками. Эти животные легко привыкают к алкоголю и наркотикам и реагируют на них, как люди, поэтому представляют собой самую адекватную модель для разработки новых методов диагностики и лечения.

«По-людски» свиньи реагируют и на лекарства; на них можно определять вещества, опасные для здоровья человека, хотя и не вызывающие неблагоприятных реакций у других традиционных лабораторных животных. Например, для лечения болезни Альцгеймера исследователи предложили три препарата: такрин, донепезил и физостигмин. Эти вещества испытали на мышах, крысах и собаках и никакой токсичности не обнаружили. Однако когда такрином стали лечить людей, у 25% пациентов развился некроз печени. Все три препарата теперь считаются специфическими для человека ядами, а ведь это можно было предсказать, будь испытания проведены на мини-свиньях.

В некоторых исследованиях свиней нельзя заменить никакими другими лабораторными животными, даже обезьянами. Сходство строения кожи у свиньи и человека, отсутствие пигментации и волосяного покрова делают их самым подходящим объектом для изучения и разработки методов лечения всякого рода кожных заболеваний и поражений, включая ожоги. Огромное значение имеют исследования возможности трансплантации специально обработанной кожи мини-свиней человеку при ожоговых и других поражениях.

Для радиобиологических исследований и моделирования действия проникающей радиации на организм очень удобны мини-свиньи весом от 10 до 100 кг, поскольку у животных такого размера отношение живой массы к общей поверхности тела аналогично человеческому.

Для медико-биологических исследований очень важно сходство пищеварительной системы мини-свиней и человека, которое обусловлено общим растительно-мясным типом питания — «всеядностью». Желудок у мини-свиней — типичный однокамерный, относительная длина кишечника очень велика, примерно в 15 раз больше длины туловища. Поэтому многие гастроэнтерологические исследования предпочтительнее проводить именно на мини-свиньях, а не на собаках.

Благодаря одинаковому типу питания и особенностям липидного и глюкозного метаболизма человек и мини-свиньи болеют сходными болезнями, в том числе диабетом второго типа, спонтанным инфарктом и метаболическим синдромом, который включает в себя пониженную чувствительность тканевой организма к инсулину, отложение жира в области живота, повышенное артериальное давление и нарушение липидного обмена. Синдром очень быстро приводит к развитию сахарного диабета второго типа (инсулиннезависимого), атеросклероза, ишемической болезни сердца. В индустриальных странах от него страдает уже 10—20% населения старше 30 лет. Новые средства против метаболического синдрома испытывают на мини-свиньях, исследуют также процессы жиरोобразования у свиней. Ученых, в частности, интересует



*Микросибсы в возрасте 8 и 11 месяцев (20 и 27 кг). Полугодовалая свинка внизу весит всего 7 кг*

активность ферментов, ответственных за этот процесс, в норме, при различных патологиях и при воздействии тех или иных лекарств.

Специалисты отмечают сходство физиологии пищеварения и потребности в питательных веществах у новорожденных детей и поросят, хотя у ребенка при рождении относительное количество жира больше. Поэтому поросят удобно использовать для проверки рецептов смесей для детского питания. Особенно хороши они оказались при изучении рациона преждевременно родившихся детей, а также младенцев, не получавших достаточно белков, углеводов и других питательных веществ.

Многие научные исследования, выполняемые на мини-свиньях, посвящены развитию атеросклероза сосудов сердца и мозга, воздействию разных препаратов на нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы, диабету, разным формам гепатита, коррекции нарушений зубной системы и развития разных частей скелета. Один лишь перечень всех задач, для решения которых используют мини-свиней, занял бы много места, но мы более подробно остановимся на проблеме ксенотрансплантации.

## Мини-свиньи как доноры

Ежегодно во всем мире в донорских органах остро нуждаются тысячи пациентов. Даже в такой сравнительно небольшой стране, как Англия, каждый год производят более десяти тысяч трансплантаций. Но эта потребность не может и никогда не сможет быть удовлетворена за счет только человеческих донорских органов. Хронический и практически бесконечный дефицит неизбежно усугубляется объективными причинами: высокой индивидуальной иммуногенетической специфичностью органов, необычайной трудностью их получения и, к сожалению, заоблачной стоимостью. В качестве альтернативы можно предложить ксенотрансплантацию — пересадку органов от животных. Однако на роль животных-доноров подходят не обезьяны и не собаки, а только мини-свиньи, как по анатомическим и физиологическим, так и по чисто финансовым причинам. Не все согласны с таким решением. Выражают протест «зеленые», а также представители религиозных конфессий, которые считают свинью нечистым животным. Хотя в Израиле есть кибуц «Лавав», где свиней выращивают и используют для биотехнологических целей, и там я видел прекрасную экспериментальную лабораторию, ежедневно поставляющую медикам необходимые органы и ткани для ксенотрансплантационных экспериментов и хирургического лечения.

Сотрудники Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии Минздравсоцразвития (НИИТО) под руководством профессора Аллы Михайловны



*Биопротез клапана сердца «АВ-Композит-Нео», разработанный в Кемеровском научно-производственном отделе биотехнологии СО РАМН. Он собран из трех некоронарных створок аортального клапана свиньи*



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Зайдман показали, что мини-свинью можно использовать в качестве донора при ксенотрансплантации хрящевой и костной ткани. В практике современной медицины для коррекции переломов тел позвонков у пожилых людей используют костный цемент. Применение цемента приводит к осложнениям: термическим и химическим ожогам костной ткани, асептическому некрозу в области имплантации и другим нежелательным последствиям. Успешной альтернативой использованию костного цемента оказался хондротрансплантат, разработанный сотрудниками НИИТО (патент РФ на изобретение № 2 392 973), — трехмерная структура на основе культивированных клеток хрящевой ткани эмбрионов мини-свиней, а также двухнедельных и месячных мини-поросят. Клетки в трехмерном матриксе сохраняют нормальный метаболизм и при достаточном кровоснабжении быстро и полно восстанавливают структуру поврежденной кости.

Первые исследования по использованию вместо костного цемента трансплантационного материала от свиней в НИИТО провели в 2009–2010 годы, правда, не на людях, а на собаках. Все опыты проводили в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации и Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных. Под общим наркозом у собак-реципиентов в телах четырех поясничных позвонков вырезали кусочки размером 2 см<sup>3</sup>. В образовавшийся дефект вставляли такого же размера ксенотрансплантат, состоящий из клеток хрящевой и костной тканей мини-свиней. Контролем служили аналогичные дефекты в телах позвонков, не заполненные трансплантатом. Все собаки были примерно одного размера и возраста. Уже спустя три месяца после трансплантации зона дефекта заполнилась молодой костной тканью и костным мозгом, а через полгода в зонах оперированных дефектных позвонков полностью сформировалась костная ткань. Определить границы между восстановленной и старой костью на этой стадии уже невозможно.

В Кемеровском научно-производственном отделе биотехнологии СО РАМН под руководством академика Леонида Семеновича Барбараша налажено производство биопротезов аортальных клапанов сердца. Протезы собирают из нескольких створок клапанов подходящих по размерам минисибсов. Донорские створки имеют определенную толщину и эластичность, на них отсутствуют фиброзные и жировые перерождения, кальциевые отложения, практически нет мышц — они состоят из соединительной ткани, не вызывающей отторжения у пациента. Эти протезы по многим показателям превосходят американские аналоги, стоимость которых в несколько раз выше. Первую в России операцию протезирования сердечного клапана с использованием материала, полученного от минисибса, сделали в 1978 году в Кемеровском кардиоцентре. С тех пор российские врачи провели тысячи успешных имплантаций биопротезов сердечных клапанов.

При замене сердечных клапанов, особенно когда они предназначены для ребенка, ситуация часто осложняется тем, что размер импланта не меняется по мере роста пациента и клапан, который становится мал, приходится заменять. Решение этой проблемы предложили специалисты Лейбницевской лаборатории биотехнологии и искусственных орга-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

нов (Ганновер, Германия). Из клапана донора, мини-свиньи геттингенской породы, удаляли все мышечные клетки и оставляли только каркас из соединительной ткани. Затем каркас заселяли стволовыми клетками, выделенными из костного мозга или крови реципиента. Такой новый, выращенный за несколько недель клапан не вызывает иммуногенного отторжения и, главное, растет вместе с пациентом. За 15 лет трансплантацию растущих клапанов провели более чем 20 детям разного возраста, и многим из них повторная трансплантация не понадобилась.

Медицина нуждается не только в клапанах, но и в целых донорских органах. Донора, подходящего с иммунологической точки зрения, даже среди людей найти непросто, а со свиньями проблем еще больше, однако, несмотря на это, потенциальный мировой рынок сердец, почек, поджелудочных желез и других органов мини-свиней по самым осторожным расчетам превосходит 5 млрд. долларов.

В 1998—2009 годах специалисты Института цитологии и генетики (ИЦИГ) СО РАН и Научно-исследовательского института патологии кровообращения (НИИПК) МЗ России им. Е.Н.Мешалкина экспериментально проверили возможность использования минисибсов в качестве потенциальных доноров для ксенотрансплантации сердца человеку. Сердце пересаживали от одной свинки другой, чтобы проверить, как оно выдерживает трансплантацию. Оказалось, что технически это возможно. Более того, анатомические особенности сердца и всех коронарных сосудов минисибсов, а также их гемодинамические параметры при трансплантации оказались практически полностью сходными с человеческими. И пересадка сердца от миниатюрных сибирских свинок к человеку можно было бы делать хоть сейчас, если бы не два серьезных препятствия. Масса сердца у минисибса весом 20—55 кг составляет 108—232 г — органы такого размера подходят только для детей. Чтобы пересаживать сердца взрослым пациентам, нужны более крупные особи. И мы предложили новую схему селекции, направленную на увеличение размеров сердца мини-свиней, — при этом масса годовалых животных должна увеличиться до 50—70 кг.

Но главная сложность при ксенотрансплантации органов мини-свиньи человеку обусловлена гистонесовместимостью. Иммунная система реципиента отторгает пересаженные донорские органы. Если донор — мини-свинья, то в роли основного антигена, то есть элемента, вызывающего отторжение, выступает дисахаридная группа — две галактозы, соединенные альфа-(1,3)-связью: Gal-(1,3)-Gal. Она есть у мини-свиней, но отсутствует у людей. Специалисты рассматривают несколько путей решения этой проблемы. Можно использовать препараты, подавляющие выработку антител пациента против дисахаридной группы, а можно вывести трансгенных животных с отключенным геном альфа-(1,3)-галактозилтрансферазы (*GGTA1*) — фермента, который регулирует образование злополучного дисахарида. Это сложно, но такие работы активно идут в нескольких лабораториях мира. В 2002 году специалисты корпорации «Immerge Bio Therapeutics» (США) объявили о рождении четырех транс-

генных поросят с отключенным *GGTA1*, через несколько месяцев пятерых таких поросят получили ученые Эдинбургского института биотехнологии и лаборатории генетики животных американской корпорации «PPL Therapeutics». Представители этой компании сообщили, что все поросята здоровы и их органы хорошо подходят для ксенотрансплантации.

В 2005 году клонированные поросята родились в Хайнаньском университете КНР, а в 2009 году в специальной научной лаборатории при Клиническом центре трансплантологии провинции Сычуань приступили к опытам по ксенотрансплантации разных внутренних органов от мини-свиней к шимпанзе. Китайские медики планируют пересаживать печень, поджелудочную железу, почки и другие органы, наиболее востребованные в клинической медицине. На фоне этих успехов калифорнийская компания «Genon Bio-Med» прекратила финансирование дальнейших исследований в данной области, опасаясь теоретически возможных негативных последствий ксенотрансплантации, например каких-либо неизвестных болезней от случайно взятых свинок. В России работы по получению трансгенных гистосовместимых поросят, к сожалению, по разным причинам находятся в начальной стадии.

Ученые разрабатывают и другие способы использования мини-свиней в качестве доноров. Специалисты университета Миннесоты под руководством Дорис Тейлор планируют вырастить сердце, печень, почки, поджелудочную железу из стволовых клеток пациента, который нуждается в пересадке, на каркасе соответствующего органа мини-свиньи, подобно тому, как немецкие ученые выращивали «растущие» сердечные клапаны. Сначала донорский орган обрабатывают специальным составом, который освобождает его от мышц, оставляя лишь нейтральные для иммунной системы белки соединительной ткани, а потом растят на этом каркасе новые ткани из стволовых клеток реципиента. Исследователи провели предварительные эксперименты на сердце крысы. Стволовые клетки животного-реципиента за несколько дней разрастались на донорском каркасе, и спустя неделю искусственное сердце уже перекачивало кровь в теле крысы, собственное сердце которой было удалено. Сейчас аналогичные исследования проводят на мини-свиньях.

Но мини-свиньи не только несут медицинскую службу. Это замечательные домашние питомцы, разумные, дружелюбные и спокойные животные, которые прекрасно уживаются в квартирах. Они помогают сохранить хорошее настроение, оптимизм и здоровье. После минимальной дрессировки свинки строго соблюдают санитарный режим. Их можно выгуливать, как собачек. При этом им требуется меньше места, чем псу аналогичного размера, помните? Минисибсы отлично ладят с детьми. Я передал несколько свинок на станцию юных натуралистов, созданную в свое время академиком М.А.Лаврентьевым, там маленькие свинки «учат» сибирских школьников любить животных и помогают готовиться к поступлению в университет.

У минисибсов прекрасное обоняние. Определенные запахи они чувствуют на глубине 20 см с расстояния 50 м. Минисибсы прекрасно обнаруживают наркотики и взрывчатые вещества, но гораздо приятнее искать с ними трюфели — пахучие подземные грибы. Химическое или радиационное загрязнение окружающей среды немедленно сказывается на состоянии кожи мини-свиньи, поэтому она может служить индикатором экологического неблагополучия. Ее можно уподобить канарейке, которую шахтеры брали под землю из-за ее чувствительности к метану. Во многих странах, в том числе и в России, любители ежегодно устраивают соревнования мини-свиней по бегу на разные дистанции. В Австралии свинки плавают и прыгают в воду с высоких трамплинов. И если на Марсе будут когда-нибудь яблоки цвести, то почему бы под ними не гулять минипигам?

## Мореный дуб, или Химия черного

*У нас в Мордовии раньше добывали так называемый мореный, то есть пролежавший длительное время в воде, дуб. Кажется, пытаются добывать и сейчас. А вот древесина других пород почему-то никого не интересует, хотя в наших реках и болотах ее тоже предостаточно. Чем она хуже?*

Виктор, Саранск

Настоящий мореный дуб — необычный и красивый материал, мода на который родилась столетия назад и дожила до наших дней. Те качества, за которые его ценят — цвет, плотность и фактура, — обусловлены в первую очередь химическим составом дубовой древесины, а не только длительным пребыванием в воде. Угодить под воду может любое дерево, что и происходит регулярно: при сплаве леса по реке, при затоплении участков суши или просто в результате несчастного для растения случая. При этом некоторые породы сохраняют лучшие качества своей древесины. Например, на сваях из сибирской лиственницы стоит Венеция, и эти сваи, как показало обследование в XIX веке, за тысячу лет не только не разрушились, но стали каменно-твердыми. Береза, ольха, осина после длительного выдерживания в воде могут слегка изменять цвет, что делает такой материал привлекательным для художественных целей. С некоторой натяжкой подобную древесину тоже можно называть мореной. Однако добывать лес из-под воды — сложное и дорогое занятие, и целенаправленно этим почти никто не занимается.

Совсем другое дело — дуб: пребывание под водой преобразует его. Древесина становится черной со светлыми серебристыми прожилками и очень тяжелой. Химия такого превращения хорошо изучена: в дубовой древесине содержатся танины, причем в сравнительно большом количестве — до 10% от ее массы. Эти вещества состоят из нескольких фенольных групп, обычно

связанных с моносахаридами — например, глюкозой. Они защищают древесину от покушений насекомых и микроорганизмов, поэтому дуб так долговечен. Взаимодействуя с солями трехвалентного железа, танины приобретают темно-синий цвет, вплоть до черного. Раньше это свойство использовали для приготовления чернил из галловых орешков на листьях дуба. Когда ствол дерева оказывается в воде, танины начинают взаимодействовать с растворенными в ней металлами и окрашивают древесину. В естественных условиях это процесс небыстрый и занимает не одну сотню лет. Попутно из древесины вымываются крахмал и другие гидролизуемые вещества.

Знаменитое «черное дерево», которое раньше везли из Африки наряду со слоновьей костью и другими драгоценностями, своим цветом также обязано танинам. Другое название этого растения — эбеновое дерево, и принадлежит оно к роду *Diospyros*. К этому же роду относится и хорошо известная нам хурма, чьи плоды имеют характерный вяжущий вкус — и за это тоже отвечает танины. Отличие эбенового дерева от дуба в том, что оно чернеет прямо на корню. Но чернеет лишь сердцевина, ядро дерева, то есть та зона, которая биологически уже мертва. Она, как и мореный дуб, очень тяжелая. В древесине другого тропического дерева — квебрахо, растущего в Южной Америке, — содержание танинов может составлять 20—30%. Ее цвет — темно-красный вплоть до черного.

Однако растений, содержащих танины в древесине, все же немного. Среди нетропических видов это каштан и секвойя. Гораздо чаще танины встречаются в коре — например, у той же лиственницы, ивы, ели. В коре черной австралийской акации содержание этих веществ может достигать до 50%, это один из источников их промышленной добычи.

Зная химию морения древесины, можно попытаться ускорить этот процесс. Один из способов — так называемая про-

трава, при которой дуб погружают в концентрированный раствор соли железа. Тогда окрашивание древесины пройдет гораздо быстрее, буквально за несколько недель. Иногда вместо металла используют сильные окислители — азотную кислоту или даже хромпик. Танины окисляются, и древесина чернеет. Кстати, именно окисленные танины придают цвет черному чаю. А вот в зеленом чае танины не окислены и поэтому не влияют на цвет, хотя там их может быть почти в два раза больше, чем в черном.

## Очень красное мясо

*Не раз видела в европейских магазинах мясо необычно ярко-красного цвета. Откуда такой цвет? Может быть, мясо как-то специально обрабатывают? Или чем-то подкрашивают? Если да, то чем? И не вредно ли это?*

Д.Кокурина, Москва

Мясо действительно обрабатывают по специальной технологии, чтобы усилить его естественный цвет. Но для начала давайте разберемся, почему мясо красное. Все дело в мышечном белке миоглобине, который содержит, как и гемоглобин крови, железо и благодаря этому удерживает в мышцах кислород, принесенный кровью. В результате получается оксимиоглобин, придающий мясу красный цвет.

Если свежее мясо полежит на воздухе, то оно довольно быстро становится коричневым, потому что красный оксимиоглобин окисляется на воздухе и превращается в коричневый метмиоглобин. В общем, химия в чистом виде. Как же сохранить естественный красный цвет свежего мяса?

На помощь приходит монооксид углерода, CO, или угарный газ, о котором подробно рассказано в августовском выпуске журнала. Оказывается, монооксид углерода, так же как и кислород, прекрасно связывается с миоглобином в мышцах, образуя карбоксимиоглобин красно-вишневого цвета. Причем это соединение гораздо более устойчиво, нежели оксимиоглобин, значит, и цвет оно сохраняет значительно дольше. Свойство угарного газа придавать свежее мясу стабильную и яркую красную окраску используют в некоторых технологиях упаковки этого продукта. Например, в Норвегии уже с середины 1980-х годов в герметичную полимерную упаковку мясных полуфабрикатов начали закачивать специальную газовую смесь, состоящую из углекислого газа, азота и угарного газа. Как вы понимаете, эта газовая смесь безопасна и не портит мясо, просто делает его привлекательным и аппетитным.

**Р.Акасов, Е.Стрельникова**



# Электрическое ЧУВСТВО

Е. Клещенко

## Кроткая молния в океане

Они дали нам понятие об электричестве задолго до того, как была сконструирована первая батарея, — еще в Античности. «Ты очень похож и видом, и всем на плоского морского ската: он ведь всякого, кто к нему приблизится и прикоснется, приводит в оцепенение, а ты сейчас, мне кажется, сделал со мной то же самое — я оцепенел», — такой комплимент в трактате Платона «Менон» делают Сократу за его ошеломляющие логические построения. Знакомый древним грекам черный электрический скат *Torpedo nobiliana* производит разряды с напряжением порядка 50 вольт — при высокой проводимости морской воды штука посильнее философии. (Авторы некоторых книг пишут и про 200 вольт, но другие специалисты считают это

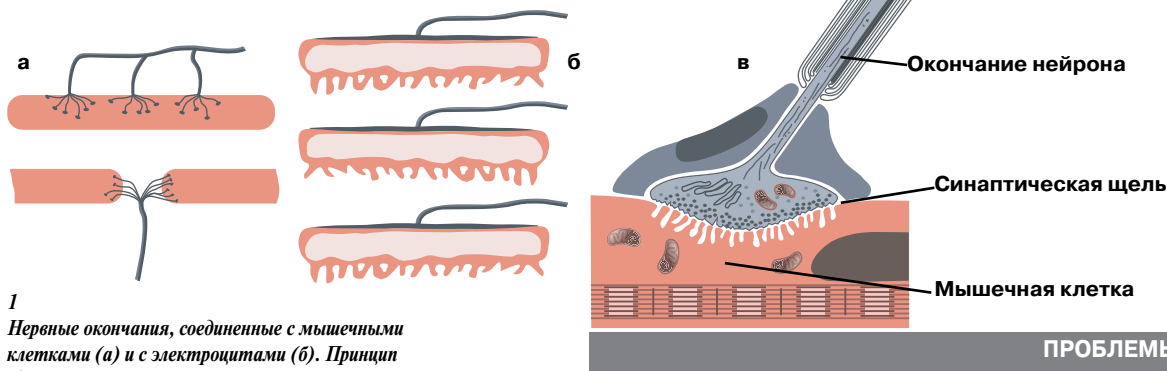
значение завышенным.) Менее знамениты донные электрические рыбы семейства звездочетовых, названные так за высоко посаженные глаза, будто бы взирающие на небо сквозь воду (на самом деле такими глазами удобно высматривать добычу, закопавшись в песок).

Электрические рыбы бывают и пресноводными. В Африке египтяне и абиссинцы удивлялись электрическим сомам семейства *Malapteruridae* (300—400 вольт; они вынуждены давать более высокое напряжение, чем скаты, так как пресная вода хуже проводит электричество). В реках Южной Америки живет электрический угорь *Electrophorus electricus* — у крупных рыб этого вида напряжение достигает 600—600 вольт. Это о нем говорится в фантастической трилогии «Алюмен» Генри Лайона Олди, действие которой происходит в первой половине XIX века. «Над водой... возникла узкая, приплюснутая голова на длинной шее. Голая кожа — бурая, в темных пятнах;

нижняя челюсть и горло — ярко-оранжевые, как листья рябин в начале осени. Рыба? змей?!» Электрических угрей, согласно сюжету романа, привозит в Европу знаменитый датский физик Ганс Христиан Эрстед.

Обсуждаемые героями «Алюмена» преимущества животного электричества перед тем, что получают из вольтова столба, — фантастическая вольность: электричество одно и то же. Но в основу ее положены реальные дискуссии, кипевшие в научном мире не одно десятилетие.

Натуралисты далеко не сразу поверили, что эти рыбы наносят удар именно электричеством. Предполагали, например, что они каким-то загадочным способом «замораживают» человеческую руку или стремительно бьют по ней. Уже было известно, что и живые существа, и вода проводят ток, поэтому утверждение, что проводник, плавающий в проводнике, генерирует электричество, не могло быть принято без веских доказа-



1  
 Первые окончания, соединенные с мышечными клетками (а) и с электроцитами (б). Принцип один и тот же, но отличается пространственная организация: электроциты, собранные в столбик, подобно контактным парам вольтова столба, создают заряд с одной и той же стороны. Справа (в) — структура нервно-мышечного синапса

тельств. В июне 1772 года член Королевского общества сэр Джон Уолш специально привозил французским рыбакам лейденскую банку, чтобы они сравнили эффект от ее разряда с ударом ската. Добровольцы уверенно ответили ученому англичанину, что ощущения такие же. «Те, что предсказывали и показали связь электричества со страшными атмосферными молниями, со вниманием узнают о том, что в глубине океана электричество существует в виде крохоткой молнии, молчаливой и невидимой. Те, что анализировали заряженные банки, с удовольствием увидят, что их законы справедливы и для живых банок. Те, кто стал электриком благодаря разуму, с уважением отнесутся к электрику по инстинкту, которого природа с самого рождения одарила чудесным аппаратом и способностью пользоваться им», — так писал Уолш, обращаясь к Бенджамину Франклину. По просьбе Уолша Генри Кавендиш создал модель электрического ската, которую «запитали» от батареи лейденских банок и погрузили в подсоленную воду. Опыты с моделью убедили естествоиспытателей в электрической природе разрядов живых рыб. (Кстати говоря, сам Кавендиш, сильно опережая свое время, был в этом убежден. Именно он впервые получил при разряде угря искру — «чистое электричество».) В следующее десятилетие начал свои эксперименты Луиджи Гальвани, доказывая, что электрические явления лежат в основе нервно-мышечного взаимодействия и что они, следовательно, распространены в живой природе повсеместно.

В то время таинственная общность между небесной молнией, наэлектризованными телами, металлическими пластинами в солевых растворах, нервами и мышцами животных привлекала внимание всех образованных людей. Она вызывала к жизни гипотезы не менее фантастические, чем у Генри Лайона Олди, и она же вдохновила ученых на исследования, которые в конечном счете дали нам понимание природы

нервного импульса и устройства нервной системы. Это отдельная и очень интересная тема, но сейчас вернемся к электрическим рыбам.

Алессандро Вольта называл свое устройство для получения электричества «искусственным электрическим органом», подчеркивая его сходство с органами рыб. (Интересно, что при этом Вольта рьяно отрицал наличие «животного электричества» Гальвани, признавая только «металлическое» или «контактное» электричество, а угрей и скатов считал неким исключением из правил.) Вольтов столб (1799) состоял из одинаковых контактных пар металлов, собранных в столбик, одинаково ориентированных и разделенных влажными тканевыми дисками. Напряжение между крайними металлами было пропорциональным количеству пар.

Естественный электрический орган состоит из специальных клеток — электроцитов, также соединенных последовательно (рис. 1). Каждая клетка представляет собой пластинку, к которой с одной стороны подходит нерв. Из нервного окончания в синаптическую щель выделяется нейромедиатор ацетилхолин и взаимодействует с рецепторами на электроците, так же, как это происходит в нервно-мышечном синапсе. Рецепторы открывают каналы, через которые ионы натрия входят внутрь, а ионы калия выходят наружу. Происходит деполяризация мембраны в районе синапса (то есть заряд на мембране в этой области отличается от заряда во всех остальных точках). Однако в мышечных волокнах синаптические контакты маленькие, расположены хаотично, деполяризация возникает в разных точках, и напряжения не суммируются. В электроцитах, напротив, площадь контакта велика, и деполяризация «неохотно» распространяется на другую сторону плоской клетки, с «рыхлой» поверхностью. Клетки возбуждаются одновременно (что для мышцы тоже не характерно) и создают заряд с одной и той же стороны, как батарейки в «гнезде». И конечно, электроциты не способны сокращаться.

Вольта выстроил свой столб, чтобы усилить эффект, слишком слабый

всего в одной паре контактирующих металлов. Электрическому угрю, чтобы получить напряжение 600 вольт, нужно включить последовательно не менее 4000 клеток (одна клетка дает не более 0,15 В). А чтобы получить еще и достаточно сильный ток, столбиков клеток должно быть много. В итоге электрические батареи занимают значительную часть тела рыбы, изрядно потеснив все остальные органы, которые к тому же приходится защищать от собственных разрядов.

Тем не менее игра стоит свеч. Электрическое оружие не только позволяет скату, угрю и сому успешно охотиться, оглушая или даже убивая более мелких рыб и беспозвоночных, но и защищает от врагов. Если хищнику случилось иметь дело с электрической рыбой, то, увидев ее вновь, он сразу поймет, что не настолько голоден.

Однако для того, чтобы ответить на вопрос, каким образом природа сконструировала электрические батареи, недостаточно исследовать их строение.

## Электрическая «головоломка Дарвина»

Эта проблема встает перед теорией эволюции всякий раз, когда необходимо объяснить происхождение высокоспециализированного органа. Ясно, что крыло, позволяющее летать по воздуху, дает преимущества своему владельцу. Но как быть с промежуточными формами? Какой прок в передней конечности, которая еще не пригодна для полета и уже не пригодна для бега? Животное с такой мутацией скорее будет менее приспособленным, чем его «нормальные» сородичи! А значит, говорят антидарвинисты, естественный отбор не должен поддерживать начальные стадии образования специализированного органа. Кстати, для многих таких органов промежуточных форм и не найдено, они возникают как будто сразу в готовом виде. И начинается: Дарвин, возможно, был не прав, теория эволюции, возможно, ошибочна...

Тем, кто «Происхождения видов» не читали, но осуждают, будет интересно узнать, что первым обратил внимание

на эту проблему сам Дарвин. А в качестве одного из примеров «исключительных трудностей теории» он выбрал электрических рыб.

Электрические органы, писал Дарвин, встречаются в различных группах рыб, о которых невысказанно предположить, что они имеют общего предка. (Загляните в начало статьи: совершенно несходные между собой семейства, разные части света...) Однако и сами электрические органы, например, ската и угря не сходны между собой, поэтому искать общего предка нет резона — логичнее предположить, что эти органы возникли независимо. «Так, отпадает трудность, связанная с появлением, по-видимому, одного и того же органа у видов, находящихся в очень отдаленном родстве; остается только меньшая, но все же достаточно большая трудность, именно: какими градуальными шагами шло развитие этого органа в каждой отдельной группе рыб». Если полезное приспособление возникло неоднократно, то и переходных форм, по идее, должно быть много. И где же они?

Недостающие звенья ищут в палеонтологической летописи либо среди родственных видов, у которых специализация не зашла так далеко. Но если про недостающее звено между лапой и крылом, по крайней мере, заранее известно, что это должна быть передняя конечность необычного вида, то предсказать, на что будет похож прототип электрического органа, гораздо сложнее. Или этот орган есть у животного, или его нет, причем первый случай — большая редкость (так казалось в XIX веке). И как в той же главе отмечает Дарвин, «геология не дает никаких оснований предполагать, что большинство рыб обладало некогда электрическими органами, утраченными их модифицированными потомками».

С крылом эволюционисты разобрались — и промежуточные формы обналичили, и объяснили, каким образом «незаконченные» органы могли повышать приспособленность. (Например, «протокрыло» предков рукокрылых, непригодное для беганья, хорошо отводилось в сторону, а значит, с такой конечностью было удобно лазить по толстым стволам деревьев.) По-видимому, каждое приспособление, возникшее в ходе эволюции, на ранних стадиях формирования уже приносило своему обладателю пользу. Хотя и не всегда в той же области, что «последняя версия».

Что касается электрических органов, возможное направление исследований намечил Дарвин в той же главе «Происхождения видов». «Общепризнано близкое сходство этих органов с обыкновенными мышцами как по вну-



Фото: Nicholas Sinclair Brighton, UK

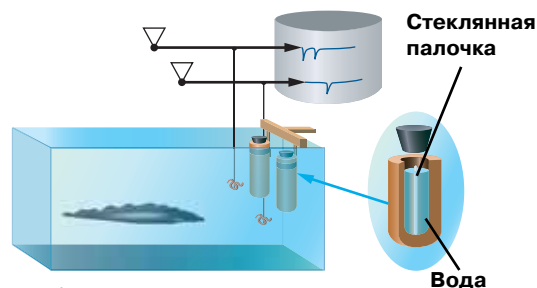
## 2 Ганс Вернер Лиссманн (1994)

тренному строению и распределению нервов, так и по воздействию на них различных реактивов. <...> Далее этого наше объяснение в настоящее время не простирается, но <...> было бы крайне смело утверждать, что не существовало никаких подходящих переходов, которыми могло идти градуальное развитие этих органов».

Итак, нужно было искать некие органы, производящие более сильный разряд, чем обычные мышцы, и более слабый, чем органы известных электрических рыб. Но оставался вопрос: а зачем они нужны, если они и существуют? Дарвин с недоумением упоминал скатов *Raja* — электрические органы у них не в «крыльях», а в хвосте, а разряд так слаб, что едва ли может служить для защиты или охоты. В то время были известны еще две группы таких загадочных рыб — гимнотиды (родственники электрического угря, также обитающие в Южной Америке) и африканские мормириды. У тех и других имелись структуры, похожие на электрические органы, но зафиксировать от них разряды долгое время никому не удавалось.

## Открытие «шестого чувства»

Прорыв в исследовании электрических рыб осуществил в середине XX века Ганс Вернер Лиссманн, родившийся в городе Николаеве близ Одессы и с 1934 года работавший в Кембридже (рис. 2). В 1951 году он опубликовал сообщение в «Nature» о том, что зарегистрировал электрические разряды от пресноводной рыбы гимнарха *Gymnarchus niloticus*. (Позднее гимнарх был отнесен к отряду мормирид.) А в 1958 году, после семи лет плодотворных экспериментов и полевых исследований, в «Journal of experimental biology» вышла его главная статья — «О функции и эволюции электрических органов рыб». Лиссманн убедительно доказывал, что электрические органы мормиридам и гимнотидам нужны для ориентирования и общения.



3

Эксперименты Лиссманна с гимнархами показали, что эти рыбы могут различать сосуды по электропроводности содержащегося

Все началось с того, что Лиссманна, изучавшего динамику движений животных, заинтересовала способность гимнарха плавать хвостом вперед и при этом уверенно обходить препятствия. Предполагаемый электрический орган у гимнарха находился как раз в хвосте, и Лиссманну удалось установить, что этот хвост испускает импульсы стабильной частоты (порядка 300 Гц) и амплитуды (около 30 мВ в метре от рыбы). Кроме того, гимнарх явно реагировал на объекты из проводящих материалов, например на опущенную в аквариум медную проволоку. Лиссманн предположил, что гимнарх ориентируется с помощью электролокации — ощущает искажения силовых линий собственного поля. Этот способ мировосприятия, по-видимому, не имеет аналогий не только с человеческими органами чувств, но и с человеческой техникой. Когда же стало понятно, что и как искать, слабоэлектрических рыб оказалось не так уж мало.

Совместно с Кеном Мэйчином, отвечавшим за инженерное обеспечение, Ганс Лиссманн провел серию интересных экспериментов. Например, гимнарху предъявляли два закрытых сосуда, непрозрачных в оптическом диапазоне, но «прозрачных» для тока. У рыбы вырабатывали рефлекс: выбирать червяка рядом с тем из двух сосудов, электропроводность содержащего которого была больше, чем у воды (рис. 3). При этом регистрировали и разряды, исходящие от гимнарха, и нюансы его поведения. Аналогичные опыты позволили установить диапазон электрочувствительности гимнарха и сравнить ее с чувствительностью других рыб. Например, представители отряда карповых реагируют на электрические токи в диапазоне от 8 до 110 мкА/см<sup>2</sup>. Пороговая плотность тока, которую распознает гимнарх, составила, по оценкам Мэйчина, 10<sup>-5</sup> мкА/см<sup>2</sup> — оцените разницу в порядке величин!

Высокую чувствительность обеспечивают совершенные устройства приема. В подводном царстве широко распространены ампулярные рецепторы, в виде ямки-«ампулы». (То, что это

именно электрорецепторы, окончательно стало понятно после Лиссманна.) Подобные структуры найдены и на коже некоторых палеонтологических образцов, например латимерий. Ампулярные рецепторы — низкочастотные, они лучше всего воспринимают единицы или доли герц и встречаются у многих типов рыб, в том числе неэлектрических: осетров, акул, сомов.

У мормирид, помимо ампулярных, есть электрорецепторы особого рода — бугорковые. Они воспринимают специализированные разряды электрических органов, собственных и чужих. Сигналы от них поступают в мозг рыбы, в так называемые электросенсорные доли. Рыба «видит» всей кожей электрические поля, и это позволяет ей ориентироваться даже в темноте или в замутненной воде, а также общаться с сородичами. Ни один скептик не скажет, что это приспособление — не полезное!

Зачем рецепторы неэлектрическим рыбам? Ганс Лиссманн предположил, что в ходе эволюции первичной была не электрогенерация, а электрорецепция — возможность наблюдать изменения электрических полей стала предпосылкой для умения генерировать такие поля. Логично: животные, лишенные слуха, не подают звуковых сигналов, не различают цветов — не демонстрируют друг другу ярко окрашенные крылья или хвосты. А вот молчаливые существа, наделенные слухом, известны. Тем же акулам электрочувствительность помогает находить добычу. Вспомним, что мышца — тоже электрический орган, потенциалы мышечных волокон компенсируются не полностью. Для нас, неразвитых наземных млекопитающих, камбала, зарывшаяся в песок, абсолютно незаметна, но ее выдает пульсация жаберных мышц. Акула «видит» вспышки мышечной активности — по частоте они как раз попадают в оптимум ампулярных рецепторов — и атакует. Точно так же она атакует и искусственный генератор разрядов. Если же спрятать камбалу за непрозрачный для тока экран, то акула ее проигнорирует. Эти опыты проделал в начале 70-х годов американский

ихтиолог голландского происхождения Адрианус Кальмейн (Kalmijn). Есть еще и потенциалы дыхания — вода, которую рыба выбрасывает из жабр, отличается по ионному составу, а значит, любое существо, дышащее под водой, можно засечь с помощью электрорецепции. Полезнейшее «шестое чувство»! Недаром палеоихтиологи полагают, что в палеозое, 300—600 млн. лет назад, оно было у всех предков рыб (и не только рыб), а к настоящему времени некоторые группы его утратили.

Открытие Лиссманна пробудило интерес к этой области у многих исследователей. Список электрических рыб расширился с каждым десятилетием. В 70-е годы появились подробные сведения о физиологии электрорецепторов различных типов (Теодор Холмс Буллок в США, Тома Сабо во Франции). Десятилетием позже в деталях был изучен мозг электрических рыб — какие именно зоны и нейронные слои отвечают за прием сигнала, как работает центр генерации ритмов разряда, каким образом рыбы одного вида, сближаясь, изменяют частоты своих сигналов, чтобы не мешать друг другу...

С 90-х годов и по сей день (почаще бы у научных журналистов была возможность произносить эти слова!) приоритет в исследовании слабоэлектрических рыб, не принадлежащих к мормиридам и гимнотидам, принадлежит российским ученым. Подавляющее большинство этих работ было выполнено в Институте проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН (ИПЭЭ РАН); их авторы — В.Д.Барон, А.А.Орлов, А.С.Голубцов, В.М.Ольшанский, К.С.Моршнев, Д.Э.Эльяшев, О.А.Солдатова. Инициатором отечественных исследований в области электролокации был известный ихтиолог, специалист по зрению, акустике и ориентации рыб, доктор биологических наук, профессор В.Р.Протасов (рис. 4).

Найти новые группы слабоэлектрических рыб было очень важно, поскольку мормириды и гимнотиды, как выяснилось, не очень-то годятся на роль «недостающего звена». Электрорецепция у них возникла вторично, и устроена она непросто. По образному выражению В.М.Ольшанского и соавторов («Журнал общей биологии», 2011, т.72, № 3), «мобильные телефоны и навигаторы сложней электрической дубинки, и странно было бы утверждать, что сначала возникли маломощные локаторы, требующие очень сложной обработки в мозгу, а потом в процессе эволюции они трансформировались в мощные средства нападения и защиты со сравнительно простым управлением». Мормириды и гимнотиды — высокоспециализированные группы, как и сильноэлектрические виды, только специализировались они



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

в электролокации.

«Писать об эволюции электрических рыб, опираясь на результаты по мормиридам и гимнотидам, не слишком разумно, — говорит доктор физико-математических наук Владимир Менделевич Ольшанский. — Это все равно что исследовать ультразвуковую эхолокацию дельфинов и на основании полученных данных рассуждать про эволюцию голосовых сигналов наземных животных».

И здесь на сцене появляются новые персонажи — клариевые сомы (см. фото в начале статьи).

### Удар по электрическому глазу

Сейчас принято считать, что существует шесть групп электрических рыб. Помимо мормирид и гимнотид, это электрические скаты, ромботелые скаты Raja (те самые, которых упомянул Дарвин), звездочеты и сомы. Начиная с 70-х годов скатами занимались многие ученые (в нашей стране — В.Д.Барон, А.А.Орлов). А вот по слабоэлектрическим звездочетам все работы выполнены нашими соотечественниками (В.Д.Барон, А.А.Орлов, Д.Э.Эльяшев). Кстати, слабоэлектрической оказалась морская корова, единственный вид звездочетов, обитающий в Черном море.

Перечень слабоэлектрических сомов открыли сомы перистоусые, у которых обнаружили короткие разряды Мэри Хейчдорн (США) с соавторами. Их публикация 1990 года не имела большого резонанса, пока обширным отрядом сомов не заинтересовались российские ученые. Они зарегистрировали разряды от других перистоусых сомов, потом от представителей других семейств. В 1993 году сотрудники ИПЭЭ РАН отправились в экспедицию в Эфиопию, и им удалось показать, что к слабоэлектрическим рыбам относятся клариевые сомы (публикации 1994 года).

То, что эти сомы способны воспринимать электрические поля, известно еще с XIX века. В 60-е годы XX века Лиссманн и Мейчин исследовали пороги их электрочувствительности, но они полагали, что сомы не могут сами генерировать разряды. Однако Лисс-



4

В.Р.Протасов

манн высказывал предположение, что слабоэлектрические виды могут быть обнаружены среди сомообразных, поскольку у сильноэлектрического сома, как и у ската с угрем, должны быть найдены слабоэлектрические родичи.

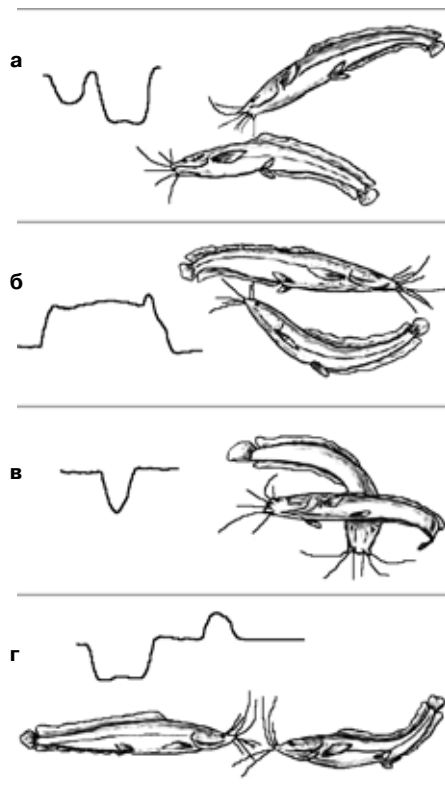
Разряды от африканского клариевого сома зарегистрировали В.Д.Барон, А.А.Орлов и А.С.Голубцов. Произошло это почти случайно. В отличие от слабоэлектрических скатов и звездочетов, сомы упорно отказывались производить разряды в ответ на тычки палкой. Оставалось надеяться: вдруг они делают это по каким-то своим внутренним резонам, если подождать подольше? Чтобы увеличить вероятность счастливого события, в аквариум с электродами поместили сразу двух сомов, но оба «молчали». Опыт решили прекратить, однако аппаратуру не выключили. И вдруг электроды начали регистрировать разряды — сомы пришли в себя после поимки и принялись выяснять отношения (рис. 5).

Что ж, если бы инопланетяне похитили человека и посадили в одиночную камеру, едва ли они в скором времени узнали бы, что разумные с планеты Земля генерируют акустические колебания частотой от десятков до тысяч герц. А вот если бы отловили сразу двоих, эта тайна раскрылась бы мгновенно.

Когда стало ясно, что тестировать рыб на электрогенерацию надо не по одной, а парами, это еще расширило их список: благодаря этой методике в него попали полиптерусы и силуриево-вые сомы. По представителям отряда *Polypteriformes*, или многоперообразных, есть пока всего одна публикация (В.Д.Барон, Д.С.Павлов, 2003), но что существенно — это новая, седьмая группа электрических рыб. Среди силуриевых, или настоящих сомов стоит упомянуть амурского сома, который водится на Дальнем Востоке России, в Китае, в Японии (там по его поведению предсказывают землетрясения). Амурский сом тоже в одиночку молчит, а при драках генерирует разряды, похожие на разряды клариевых сомов.

Теодор Буллок в своей программной статье «Будущее исследований электрорецепции и коммуникации» предполагал, в частности, что электрические органы, генерирующие слабые разряды, будут обнаружены не только у родственников сильноэлектрических рыб, но и в других группах. Он был уверен также, что для этих сигналов будет найдено этологическое значение, иначе говоря, доказана их ценность для естественного отбора.

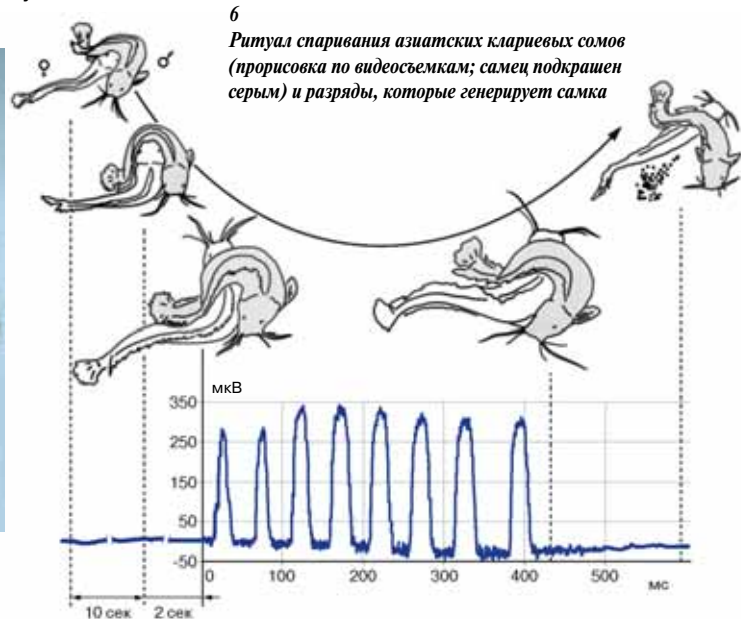
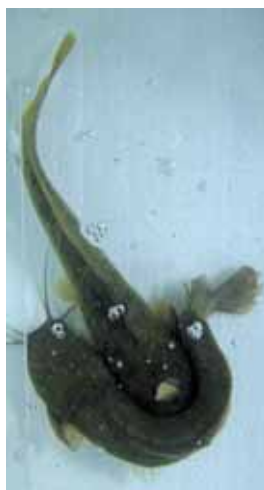
В самом деле, у электрических скатов, сомов, угрей и звездочета нашлись слабоэлектрические близкие родичи. Можно сказать, что проблема «недостающего звена» в головоломке Дарвина снята.



5  
Иллюстрация из статьи Барона, Орлова и Голубцова (1994): африканский клариевый сом *C.gariepinus* тоже производит разряды, но только при «общении» с себе подобными — например, при агрессии

Но что с поведенческой значимостью? Для чего сомам электрический орган?

Как уже было сказано, в одиночестве клариевые сомы «молчат» — они не генерируют разряды постоянно в целях локации, как мормириды и гимнотиды. Хотя электрорецепция у них также возникла вторично, разряды соответствуют характеристикам более древних ампулярных рецепторов. Это говорит о том, что электрорецепция у них менее специализирована. Клариевые сомы генерируют разряды преимущественно при агрессивно-оборонительных отношениях. Разряды их монополярны, то есть электрический импульс не меняет



6  
Ритуал спаривания азиатских клариевых сомов (прорисовка по видеосъемкам; самец подкрашен серым) и разряды, которые генерирует самка

направления, и довольно продолжительны (до 260 мс).

Читатели-физики наверняка уже придумывают: как определить, которая из двух рыб в одном аквариуме сейчас дала разряд? Можно, например, закрепить пару электродов на теле одного из сомов, а другую пару на стенках аквариума и соединить их с входами двухканальной регистрирующей аппаратуры. Сравнивая сигналы, нетрудно узнать, когда «разрядился» носитель хомуа, а когда его оппонент.

Выяснилось, что сомы атакуют друг друга разрядами на близких дистанциях — агрессор подплывает почти вплотную. Амплитуда напряжений на теле жертвы — 2–5 мВ (максимум 12 мВ) при расстоянии между электродами 5 см. При этом чувствительность сомов к электрическим полям — почти 1 мкВ/см. «Электрический разряд, сопровождающий атаку, может выполнять функцию «удара по электрическому глазу», ослепляющему атакуемую рыбу и «подсвечивающую» ее для электрического восприятия атакующей» (из той же статьи В.М.Ольшанского и соавт.). Все мы видели в кино, как один крутой парень направляет свет фонаря другому в лицо. Можно предположить, что для сома, воспринимающего электрический удар всем телом, такой поступок врага еще неприятнее, и неприятность тем больше, чем сильнее разряд. Видимо, это и определило ход эволюции электрических органов, направленный на повышение напряжения.

## Обними меня покрепче

Помимо борьбы с конкурентами, перед каждой рыбой стоит еще одна важная задача — выбор партнера и размножение. Естественно было проверить, не посылают ли самцы и самки друг другу электрические сигналы во время нереста.

Для исследований очень удобно, что нерест у клариевых сомов можно вызвать инъекциями гормона гонадотропина. За время одного нереста в лабораторных условиях у сомов бывает более ста спариваний, что тоже хорошо для набора статистики. Кроме того, ритуал спаривания всегда соблюдается с величайшей точностью, в нем четко повторяются мельчайшие детали, вплоть до положения усов партнеров (рис. 6). Самец плотно охватывает своим телом голову самки, после чего рыбы несколько секунд сохраняют неподвижность. (Кстати, про большинство рыб не говорят «спаривание», так как у них наружное оплодотворение, но, когда оно сопровождается такими тесными объятьями, это слово допустимо.) Затем самка резко изгибает переднюю часть тела, не вырываясь при этом из объятий, и выметывает икру.

Сотрудники ИПЭЭ обнаружили (уже не на африканских, а на азиатских клариевых сомах *Clarias macrocephalus*), что неотъемлемая часть ритуала спаривания — пачка электрических разрядов, которые генерирует самка. Происходит это всегда в одной и той же фазе ритуала, когда скула самца плотно прижата к боку самки в том месте, где находится яичник. Самка выбрасывает икру через несколько десятых секунд после начала пачки разрядов.

Объекты для исследования нашли на рыбноводческой ферме во Вьетнаме, которая продает мальков для зарыбления водоемов. (Сом — он и в Азии сом, рыба крупная и съедобная, и разводить его прибыльно.) Пачки разрядов обнаружила Ольга Солдатова. Наблюдения проводили в специальных аквариумах, освещенных и оборудованных электродами, которые регистрируют разряд (рис. 7). Электродов было две пары, на противоположных стенках. Таким способом можно определить, кто дал разряд, и не прикрепляя электроды к рыбам — зная их положения в аквариуме и то, что «минус» у них на головах. Видеосъ-



7

*Экспериментальная установка (2009, Кан Тхо). Видеосъемка производится через дно аквариума*



8

*Любовь сомов (вид снизу)*

емка позволяла сопоставлять видимые действия рыб и запись разрядов. Самка выпрямила усы — разряды пошли.

О том, какую роль могут играть электрические сигналы в размножении мормирид и гимнотид, вся жизнь которых сопровождается генерацией электрических разрядов, было высказано множество гипотез. Возможно, например, что самка оценивает зрелость и «качество» самца, регистрируя его разряды. Есть экспериментальные данные, показывающие, что у мормирид самка выбрасывает икру в ответ на имитацию разрядов самца своего вида, но не других видов. Наконец, высказывалось предположение, что мормириды с помощью разрядов синхронизируют выброс половых продуктов. Но у сомов с их редкими разрядами все могло быть иначе.

Поскольку разряды наблюдались не перед ритуалом, а во время него (то есть выбор партнера уже сделан), естественно было предположить, что они скорее связаны с синхронизацией. Например, самка подает сигнал самцу: дескать, пора, момент настал. Но тут исследователей ожидал сюрприз: оказалось, что самец выбрасывает сперму и до выброса икры, и до начала разряда. К чему же тогда самка призывает партнера, если все, казалось бы, завершено? Чтобы разобраться в этом, пришлось переместить камеру под аквариум и «подглядывать» снизу, через прозрачное дно (рис. 8).

Оплодотворение в водной среде имеет свои сложности. Спермии сома преодолевают в секунду доли миллиметра, подвижность сохраняют всего две минуты после выброса, а проплыть им надо сантиметров шесть. Вот почему так важны для сомовьей пары правильная поза и порядок действий. Резкий изгиб тела самки создает вихрь, который переносит часть спермы в нужное место. А самцу двигаться нельзя, иначе потоки воды увлекут спермии в сторону. Возможно также, что его участие помогает самке метать икру: если самца нет рядом, то самка может погибнуть, но икру не сбрасывает. А в



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

рыбоводной практике выделения икры добиваются массажем именно той области, к которой прижимается голова самца. Очевидно, самка подает ему сигнал не шевелиться и крепче сжимать кольцо, и это совершенно необходимо для успешного оплодотворения.

Для объяснения наблюдаемых фактов можно предложить и другие гипотезы — например, что разряды, генерируемые самкой, вообще не имеют сигнального значения, точно так же, как крики млекопитающих при зачатии или родах. (Но этому противоречит четкая временная синхронизация процессов: крики млекопитающих все же более разнообразны.) Можно еще допустить, что разряды воздействуют на икринки и (или) сперму, побуждая их к активизации. И все-таки наиболее убедительной кажется версия сигнала самцу.

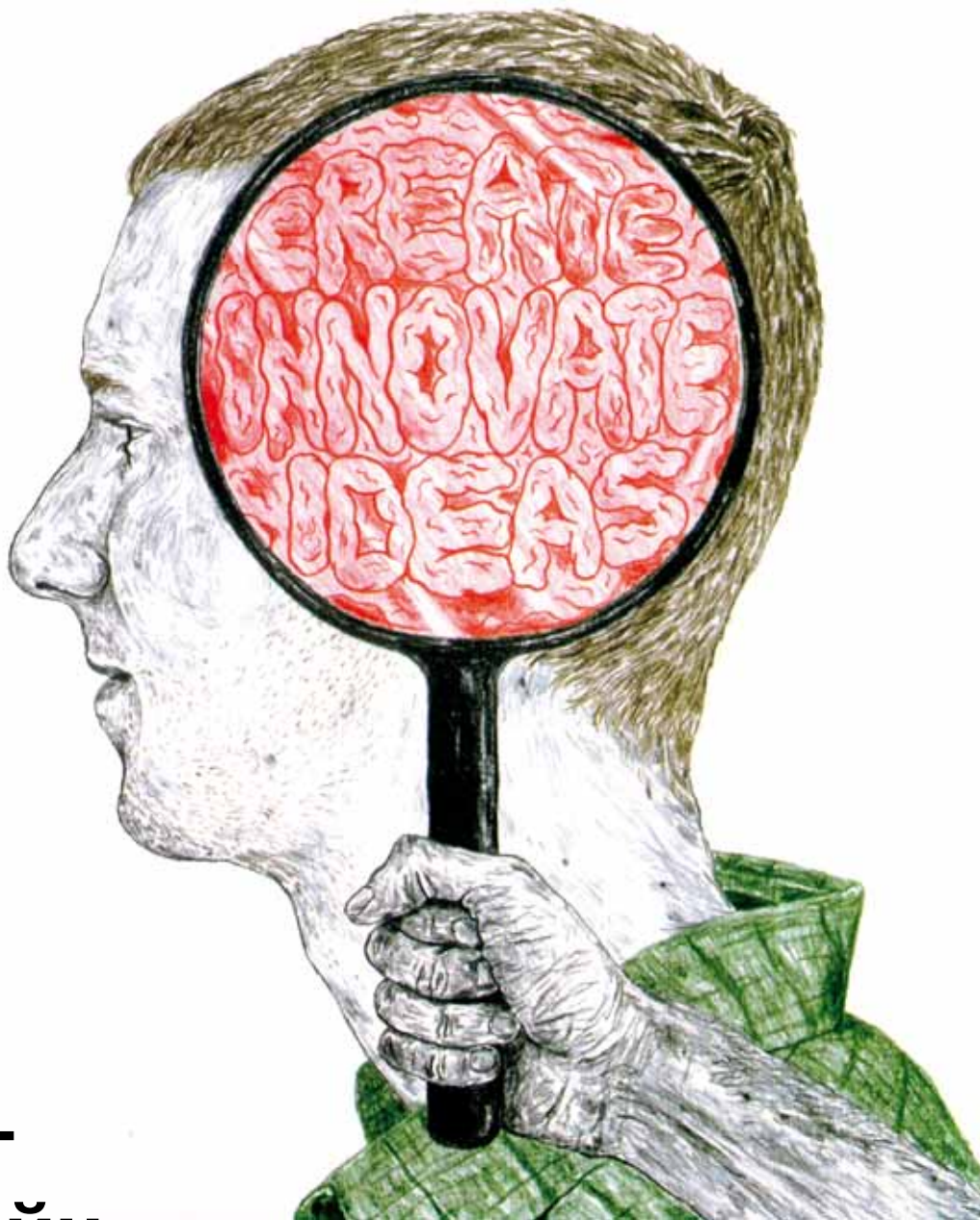
А что же будет дальше? Очевидно, что про электрогенерацию и электрочувствительность мы знаем еще далеко не все — как про современные «конструкторские решения», так и про их «разработку» в ходе эволюции. (Тем, кому показалось мало любопытных фактов, вот еще один: помимо рыб, электрочувствительностью обладают утконос и ехидна, примитивные млекопитающие.) Резонно предположить, что новые результаты принесет аппаратура нового поколения. Смешно пытаться составить представление о том, каким видит мир животное с тысячами рецепторов, получая сигналы от нескольких пар электродов. Чтобы изучать работу «шестого органа чувств», необходимо сложное оборудование, способное компенсировать человеку отсутствие собственных электрорецепторов.

### Что еще можно почитать об электрических рыбах

**В. Ольшанский.** Электрический глаз величиной во все тело. «Наука и жизнь», 2005, № 11.

**В. Ольшанский.** Алессандро Вольта и Луиджи Гальвани: неоконченный спор. «Наука и жизнь», 2004, № 12.

**В. М. Ольшанский, О. А. Солдатова, Нгуен Тхи Нга.** Эпизодические электрические разряды при социальных взаимоотношениях: пример азиатских клариевых сомов. «Журнал общей биологии», 2011, т. 72, № 3, с. 198—213



# Мозг онлайн



КНИГИ

Проблема отцов и детей существовала во все времена. Но сейчас кажется, что она обострилась как никогда. Нынешние подростки, не выпускающие из рук мобильный телефон, часами пропадающие в Интернете и не отрывающиеся от компьютерных игр, хуже учатся, мало знают, испытывают явные трудности в общении лицом к лицу, да и вести себя в обществе не умеют. Известный американский психиатр, профессор Лос-Анджелесского университета Гэри Смолл называет этот разрыв между поколениями «мозговой пропастью», которая углубляется и расширяется с каждым днем благодаря наступлению цифровой эры. Компьютер и Интернет перекраивают мозг «цифровых от рождения», заставляя его работать по-иному. Возможно, мы становимся свидетелями стремительного выража в эволюции мозга. Но куда это приведет? И сможет ли человек остаться человеком, а не превратиться в придаток компьютера?

Ответы на эти вопросы вы найдете в книге Гэри Смолла и Гиги Ворган «Мозг онлайн» в переводе Борислава Козловского, которую недавно выпустило издательство «Ко-Либри». Признавая несомненные преимущества, которые

дает человечеству Интернет, авторы исследуют механизмы взаимодействия мозга и компьютерных технологий и отрицательные последствия, которые неизбежно возникают, когда новые технологии заставляют юный пластичный мозг работать, а значит, и развиваться иначе. Приводим лишь некоторые короткие фрагменты из книги, которые мы сгруппировали по разделам, интересующим наших читателей. Но книгу советуем прочитать целиком — и родителям, и учителям, и подросткам. Впрочем, последние как раз книг-то и не читают — вот вам первое следствие помешательства на Интернете. Это же невыносимо скучно — часами смотреть в неподвижные строчки, если под рукой, в компьютере, все мелькает, прыгает и гремит. «Легче и приятнее быть на связи с друзьями в Сети, чем сидеть один на один с книгой».

«Мозгу будущего еще только предстоит заявить о себе». И наука, исследующая эти новые процессы, делает лишь первые шаги. Но уже накоплено много интересных экспериментальных и статистических данных, о которых полезно знать обществу.

## Интернет-зависимость

Говоря «зависимость», мы обычно подразумеваем наркотики или алкоголь. Однако те же нейронные сети мозга, превращающие людей в алкоголиков и наркоманов, отвечают за навязчивые привычки, связанные с новыми технологиями, которые вызывают почти такую же зависимость и, в перспективе, разрушительны для личности. <...>

Интернет-зависимые признаются, что испытывают всплеск хорошего настроения, или «кайф», уже в момент запуска компьютера. Пик удовольствия — посещение любимых сайтов. <...> Виной тому — особые химические процессы в мозгу, за которыми стоит дофаминовая система мозга. Нейротрансмисмиттер дофамин — сигнальная молекула, которая регулирует все, что связано с наказаниями, наградой и исследованием нового. Эйфорию вызывает именно дофамин. «Награды» дофаминовой системы — мощная сила, с которой знакомы даже те, у кого зависимости нет. Дофаминовая система помогает им не обращать внимания на шум и чувство дискомфорта. <...>

Зависимость не приобретают за одну ночь. Сначала человек выходит в Интернет от случая к случаю, но эмоциональный отклик и время, проводимое в Сети, растут, и мозгу требуется все большая доза дофамина. Вскоре возникает психологическая зависимость, которая заставляет человека испытывать дискомфорт, если он не в Интернете. Затем развивается привыкание к Сети. Теперь пользователь испытывает потребность проводить больше времени онлайн. <...> Когда интернет-зависимость овладевает человеком, «командный пункт» мозга, передняя поясная кора, теряет над ним контроль. Эта область в передней части мозга отвечает за принятие решений и способность рассуждать. <...>

По некоторым оценкам, каждый пятый из поколения 8—18 лет удовлетворяет клиническим критериям интернет-зависимости: эти люди проводят в Сети столько времени, что это не может не сказаться негативно на всех остальных аспектах их жизни. Чрезмерное пристрастие к Интернету ухудшает успеваемость и мешает нормально вести себя в обществе. <...> Недавнее исследование, проведенное в Стэнфордском университете, показало, что 14% пользователей компьютеров пренебрегают школой, работой, семейными обязанностями, едой и сном ради того, чтобы побыть в Сети.

Многие дети и подростки, возможно, и не страдают зависимостью в буквальном смысле, однако новые технологии мешают им ясно мыслить. Передняя поясная кора в их мозгу сдаётся под натиском дофамина, когда они обмениваются эсэмэсками с друзьями. SMS-переписка за рулем (особенно если этим занят водитель-подросток) очень часто становится причиной автомобильных аварий со смертельным исходом. <...>

Студенты, которым трудно приспособиться к жизни в кампусе, особенно часто пользуются Интернетом, чтобы снять стресс. Вместо того чтобы преодолеть трудности в непосредственном общении с однокашниками, они находят утешение в социальных сетях, переписке по электронной почте, интернет-мессенджерах и чатах. Сетевую жизнь проще обустроить, чем реальную. Более 18% студентов страдают интернет-зависимостью, а еще 58% жалуются, что чрезмерное увлечение Интернетом мешает им учиться и посещать занятия и в итоге сказывается на их оценках. <...>

Наша группа в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе изучала, что происходит с испытуемыми, которые отказываются от компьютеров и всяческих гаджетов и начинают вести здоровый образ жизни. Мы набирали добровольцев средних лет и предлагали им заняться тренировкой памяти и упражнениями, укрепляющими сердечно-сосудистую систему, а также освоить технику релаксации и сесть на полезную для мозга диету. Всего две недели спустя мы обнаружили: результаты тестов, проверяющих работу памяти, значительно

улучшились. Радикальные перемены были заметны и на позитронно-эмиссионной томограмме: повысилась активность участков лобных долей, которые управляют кратковременной памятью и сложными рассуждениями. <...>

## Четыре дела сразу

Новые технологии позволяют справиться за день со все большим количеством дел, только вот кажется, что мы сами с помощью технологий создаем этих дел все больше и больше.

В 2006 году газета «Лос-Анджелес таймс» и агентство «Блумберг» опросили 1650 человек и обнаружили, что большинство подростков, выполняя домашнее задание, занимаются побочными делами: 84% из них слушают музыку, 47% смотрят телевизор и 21% занят тремя (или более) делами одновременно.

Если несколько задач одновременно борются за внимание одного и того же человека, тот воспримет новое знание поверхностно — вместо того чтобы сосредоточиться на нем. Преподаватели жалуются, что школьники из «многозадачного» поколения хуже учатся. Хроническая и интенсивная многозадачность способна также затормозить планомерное развитие лобной коры — той области мозга, которая позволяет нам видеть за деталями целое, отключать поощрения на будущее, рассуждать абстрактно и планировать наперед. Если подросток всегда знает, как вознаградить себя немедленно, и в состоянии это сделать — например, играя в компьютерную игру или переписываясь по «аске», — то он не научится жертвовать своими капризами ради изматывающего проекта или скучной задачи, которые гарантируют удовлетворение только в будущем.

Недавно в Калифорнийском университете (UCLA) поставили такой эксперимент. Добровольцам в возрасте от 18 до 45 лет задали несложное упражнение и попросили при этом вести счет гудкам, которые, раздаваясь время от времени, отвлекали всех от основной задачи. По сравнению с контрольным опытом, где никаких гудков не было, результаты добровольцев заметно ухудшились. <...>

Революция высоких технологий погрузила нас в состояние непрерывного рассеянного внимания <...> — когда вы следите за всем сразу, но ни на чем не сосредотачиваетесь. <...> «Цифровые от рождения» не способны долго удерживать на чем-либо внимание. Поколение высоких технологий считает обычные телепрограммы слишком медленными и утомительными. <...>

Мозг в режиме непрерывного рассеянного внимания испытывает постоянный стресс. Больше нет времени поразмышлять, оглядеться по сторонам и принять взвешенное решение. Вы постоянно ждете новых сообщений, что кто-то добавил вас в друзья, порцию новостей, крупинки информации. <...>

Мозг не рассчитан на длительное отслеживание приходящей отовсюду информации. В конце концов длительное и неглубокое погружение в цифровой мир вызовет особый вид переутомления <...> — «цифровой туман». Эта новая форма стресса, которую я бы назвал техногенным истощением мозга, угрожает перерасти в эпидемию. При таком стрессе наш мозг инстинктивно шлет надпочечникам сигнал к выбросу кортизола и адреналина. Уже скоро эти гормоны стресса добавляют нам энергии и улучшают память, но со временем затрудняют работу сознания, вызывают депрессию и начинают мешать работе гиппокампа, миндалины и префронтального кортекса — участков мозга, управляющих нашим настроением и мыслительным процессом. Регулярное и продолжительное техногенное истощение мозга может сказаться даже на его анатомическом устройстве. <...>

Сейчас, когда стремительные потоки информации атакуют наш мозг со всех сторон, есть риск, что мы разучимся всерьез уделять внимание чему-либо одному. Радио- и телеведущие



говорят скороговоркой. Наши ноутбуки, факсы и интернет-мессенджеры принуждают нас отвечать быстро, принося в жертву точность и детали. Глубина и отточенность мысли уходят в прошлое — многие обходятся фактами быстрого приготовления, которые скользят по поверхности сознания. Суматоха, шум и необходимость постоянно отвлекаться, которые нас преследуют повсюду, только укрепляют в нас это безумие.

## Одиночество в Сети

Мозг молодого человека имеет дело с высокими технологиями по восемь часов в сутки. Это нелегко вынести без последствий — компьютерная революция отражается практически на всех формах поведения. Хотя наука о том, как технологии меняют мозг, делает только первые шаги, ее наблюдения указывают на тесную связь между чрезмерным воздействием новых технологий и расстройствами психики.

Тяжелая депрессия, требующая медицинского вмешательства, посещает примерно 15% всех людей на разных этапах жизни. Многие замечают, что по вине хай-тека их шансы заработать депрессию непрерывно растут. Прежние исследования показали, что изоляция от общества увеличивает риск депрессии и делает ее симптомы более тяжелыми. Хотя социальные сети и интернет-мессенджеры доступны всем, они не заменяют людям живого общения с его душевной теплотой, и от этого чувство одиночества только усиливается. <...>

«Цифровая эволюция» мозга все сильнее изолирует отдельную личность от общества, а внезапное зарождение новых отношений между людьми становится большой редкостью. <...> Многим из молодых людей даже базовые социальные навыки даются нелегко. Они замкнулись в своих цифровых коконах и ничего не знают про окружающий мир. Некоторые колледжи вводят спецкурсы по уплате налогов, стирке, кулинарии, управлению семейным бюджетом и даже обучают правильно вести себя за столом. Хай-тек революция разрушила мир, где младшее поколение набиралось житейского опыта, глядя на старшее. В сегодняшней семье дети и родители, даже живя под одной крышей, редко говорят друг с другом, потому что каждому есть чем занять себя в киберпространстве. <...>

Психолог Оскар Ибарра из Мичиганского университета обследовал более 3500 человек и пришел к выводу: чем чаще мы болтаем с друзьями, тем выше результаты тестов, оценивающих нашу память. На примере 76 студентов колледжа он продемонстрировал, что добровольцы, которые всего 10 минут болтали друг с другом, набирают больше баллов в этом тесте, чем те, кто 10 минут смотрел сериал «Сейнфельды». Беседа интерактивна: мы не только берем, но и отдаем, и это сильнее возбуждает нашу нервную систему, чем пассивный просмотр сериала.

## Самодовольство и незрелость

Ранний подростковый возраст — решающая стадия взросления: в это время мозг делает шаг от конкретного мышления к абстрактному. Именно в это время дети учатся улавливать чужое эмоциональное состояние, погружаться в чувства

другого, сочувствовать — развивать способность к эмпатии. Но от сидения перед компьютером в наушниках, из которых льется поток оглушительной музыки, возрастают шансы, что в мозгу не разовьются нейронные сети, позволяющие преодолеть рубеж в развитии личности. <...>

Доктор Сара-Джейн Блэкмор из Лондонского университетского колледжа сканировала в магнитно-резонансном томографе мозг 11—17-летних подростков и мозг 21—27-летних взрослых, которые в это время обдумывали рутинные проблемы — к примеру, куда сходить пообедать или какой фильм посмотреть вечером. Ученые обнаружили, что подростки, принимая решения, пользовались нейронными сетями в височных долях мозга, тогда как взрослые задействовали префронтальную кору — в частности, тот ее участок, который оценивает, как скажутся наши поступки на других людях. Столь разные режимы работы мозга делают понятней, отчего подростки реже думают о последствиях своих действий для окружающих. <...>

Подросткам необходимо постоянное чувство удовольствия — они желают удовлетворять свои нужды здесь и немедленно. Недоразвитые лобные доли мешают им правильно рассуждать. Многие подростки чувствуют себя неуязвимыми — как если бы всякая опасность отскакивала от них, не задевая. По мере взросления нейронные сети в лобных долях набирают силу, и вместе с тем растет рассудительность. Мы развиваем в себе умение откладывать удовольствия на потом, принимать в расчет чувства других людей, планировать будущее и прикидывать, насколько опасны те или иные ситуации.

Профессор Акио Мори из токийского университета Нихон пришел к выводу, что компьютерные игры снижают активность в лобных долях мозга. Его группа продемонстрировала, что чем больше времени подростки проводят за играми, тем реже активируются ключевые области их лобных долей. У заядлых игроков, так называемых геймеров, которые проводят за этим занятием от двух до семи часов в сутки, развивается «синдром видеоигр»: лобные доли практически всегда выключены — даже если игрок давным-давно встал из-за компьютера. <...>

Профессор Рюта Кавашима с коллегами из университета Тохоку в Японии обнаружила, что, когда дети играют в компьютерные игры, работает ограниченный участок их мозга, управляющий движениями их тела и зрением. Совсем другие результаты были получены при наблюдении детей, которые решали самые простые, рутинные арифметические задачи. Когда дети складывали натуральные числа меньше 10, их мозг задействовал нейроны из куда более обширной области, включающей и лобные доли, а они, как мы помним, отвечают за обучение, память, эмоции и держат под контролем наши спонтанные порывы. <...>

К несчастью, нынешнее повальное увлечение компьютерами и видеоиграми, похоже, замедляет развитие лобных долей у многих подростков. Это ухудшает их умственные способности и социальные навыки. Если молодые люди продолжат взрослеть, не меняя привычек, нужные нейронные пути могут так никогда и не возникнуть. Это означает вот что: попасть в заложники к собственным нейронным сетям, которые застряли на отметке «самодовольство и незрелость», и провести в таком состоянии всю сознательную жизнь. <...>

Пройдет еще несколько десятилетий, и трудоспособное население будет состоять в основном из «цифровых отрождения». Таким образом, разрыв, обусловленный разным устройством мозга, потеряет актуальность. Разумеется, люди всегда будут встречаться с друзьями, ходить на свидания, заводить друзей, являться на собеседование с работодателем — словом, общаться лицом к лицу привычным нам способом. И те, у кого эти социальные навыки окажутся лучше развиты, будут обладать важным адаптивным преимуществом.



## Это не гороскоп!

Книга называется «Искушение астрологией, или Предсказание как искусство». А буквальный перевод названия несколько иной: «Секреты небосвода. Астрология и искусство предсказания». Так вот, на мой взгляд, русское название книги точнее. Смее предположить: опубликуй издательство «КоЛибри» книгу Дэвида Берлински под дословно переведенным названием, и читатель, ожидающий от нее астрологических рецептов, оказался бы разочарованным. Потому что жанр совсем иной. Необычный.

Полки современных книжных магазинов завалены рецептурной книжной продукцией (будь то кулинарные книги или пособия по отлову мужей). А тут неторопливое повествование, перемещающее читателя из мрачной сицилийской гостиницы «Пьяцца Армерина» в уютный зал Национальной библиотеки Франции, со средиземноморского острова Кос, где проживал знаменитый вавилонский астролог Берос, — в Александрийскую библиотеку... Вы заметили, что путешествие происходит не только в пространстве, но и во времени? Дэвид Берлински пишет как о своих библиотечных изысканиях, так и об их результатах. «В моих путешествиях во времени книги открывают больше, чем звезды», — признает автор.

Список проработанной литературы впечатляет: Птолемей, Тацит, Светоний, Альберт Магнус (которого по-русски, однако, лучше называть Альбертом Великим). И еще множество имен, которые мне ничего не говорят, но наверняка будут оценены специалистом. Дэвид Берлински даже ознакомился с книгой, в которой приведены копии ассирийских клинописных надписей,

**Дэвид Берлински**  
«Искушение астрологией или  
Предсказание как искусство»,  
Издательство «КоЛибри»,  
Москва, 2011

а именно халдейских табличек по астрологии, называемых «Энума Ану Энлиль». Правда, прочитать эти записи он не мог: «В оригинале я не мог разобрать ни слова. Просто хотел вдохнуть дух столетий». Это ему отлично удалось. И не просто вдохнуть, но и передать это ощущение читателю.

Дэвид Берлински — не астролог. Он ученый: математик, биолог, философ. Он знает, что астрология признана лженаукой. И его интересует, «насколько она ложная и наука ли вообще». Астрология зародилась в Древнем Вавилоне и дожила до наших дней. Интерес к ней не угас до сих пор. И заинтригованный неуывающей популярностью древнего учения Берлински взялся за научное исследование феномена. Как истинный ученый, он кропотливо ознакомился с первоисточниками, с помощью книг прошел путь, пройденный за века астрологией, и подробно рассказал об этом читателю. И это не беглая аннотация «в переводе Гоблина», а неспешное погружение в эпоху.

Заявляю сразу: эта книга не для чтения по диагонали. Легкая цветистая ткань повествования требует внимательного проникновения. У Дэвида Берлински интересный слог: неторопливо и красочно, порой даже несколько высокопарно описывает он подробности своих изысканий или жизни знаменитых астрологов, и вдруг — щелчок по носу — выстреливает насмешливым комментарием. Вот, к примеру, он описывает греческий остров Кос, где жил халдей Берос: «Остров очень живописен: к воде спускается цепь крепких меловых скал, которые, точно ноги слона...» — и далее ряд ярких картин этого райского местечка. А вслед за этим фраза: «Сам я ничего этого не видел, но меня заверили, что все там именно так». Автор иронично напоминает нам, что многое из описанного в книге есть плод его воображения. В самом деле, кто видел, как Абу-Хамид аль-Газали вышагивает по комнате, произнося «на своем правильном книжном арабском» опровержение философии? И где свидетели того, как, «теребя мочку уха, потом нервно

дергая нос, проводя пальцем от переносицы и сдавливая ноздри, Фрасилл производит расчеты» для гороскопа Тиберия? Информация об античных астрологах почерпнута у Тацита и Светония. И кто их знает, этих историков... Может, и приукрасили?

Дэвид Берлински вместе с читателем перемещается из Античности в наше время, знакомя нас по пути с астрологами и учеными (часто эти занятия совмещались) разных времен и стран. Птолемей, Альберт Великий, Фома Аквинский, Тихо Браге, Иоганн Кеплер — всех не перечислить. Перед нами проходит многовековая история цивилизации, увиденная сквозь призму астрологии. Мы узнаем или вспоминаем интересные исторические факты, например знаменитый диалог Наполеона и Лапласа о Боге. Или вот: в 1939 году один известный английский астролог, вопреки очевидности, на основании положения звезд отрицал возможность войны. Берлински пишет: «За пять дней до вторжения нацистских войск в Польшу Линдоу категорично утверждал, что «Гитлер этого не сделает». Когда же 3 сентября 1939 года стало ясно, что Гитлер все-таки это сделал, статья Линдоу вышла под заголовком «Гитлер сошел с ума, пойдя против звезд». И мы-то теперь знаем, что по большому счету Гитлер прогадал».

Рассказывая о жизни астрологов, Дэвид Берлински объясняет тем, кто не осведомлен, как производятся астрологические расчеты. Получают объяснение термины «зодиак», «дом», «эклиптика», «асцендент». Составляя астрологические таблицы, астролог выполняет геометрическую задачу, но затем должен полученную картину интерпретировать. Вот тут-то, наверное, наука и превращается в искусство... И об этом мы кое-что узнаем из книги Дэвида Берлински. Есть еще и философские аспекты: является ли, по мнению астрологов, положение звезд знаком судьбы или ее причиной? А если причиной, то каков механизм влияния? Тут автор приводит интересные рассуждения. Вот, к примеру, Птолемей считал Сатурн причиной человеческой испорченности. «Но каким же образом Сатурн, находящийся, в конце концов, очень далеко от убогой сцены страстей человеческих, превращает испорченных людей в испорченных?» Птолемей не дает объяснений на сей счет. Но ведь и мы, напоминает Берлински, «не располагаем причинно-следственным объяснением, которое связало бы гены человека с его действиями, хотя бы потому, что не располагаем никаким причинно-следственным объяснением, связывающим какой-либо ген напрямую с каким-либо видом биологической активности за пределами биохимии». Однако это не повод сомневаться в том, что, к примеру, темперамент человека в значительной мере детерминирован генетически.

И какой же вывод делает Дэвид Берлински? А вот этого не скажу! Заинтересовались — прочитайте сами. Имейте только в виду, что составить гороскоп эта книга вам не поможет.

**Е. Лясота**





# Как становятся химиками



ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

Святослав Логинов

В дальнейшем мои разрушительные склонности несколько поутихли. Я увлекался получением цветного пламени, пытался без особого успеха делать цветные дымы, но всё это было уже относительно безопасно для окружающих. Лишь однажды, в конце девятого класса, я устроил террористический акт, информация о котором, должно быть, до сих пор хранится в архивах соответствующего ведомства.

Школа номер семь, в которой я учился, была восьмилетней, и, окончив восьмой класс, я пошёл в специализированную химическую школу № 281. Школа была при Химико-технологическом институте и располагалась на Четвёртой Красноармейской улице, так что ездить на занятия приходилось через весь город. Зато вместо обычной производственной практики у нас были занятия в институтских лабораториях, где мы проходили общую, а затем и аналитическую химию.

В ту пору я всерьёз намеревался стать химиком, и даже стихи, которые, как и многие сверстники, я сочинял в шестнадцать лет, касались не любви, а любимой науки. Курсу аналитической химии была посвящена целая поэма, из которой я сегодня помню одну строфу:

Всех на свете чудес чудесней,  
Колбочку озарив,  
Вспыхнет прекраснее Песни Песней  
Кобальта роданид.

И если бы мне сказали, что быть мне не химиком, а писателем, я бы не поверил. По русскому языку у меня была жалкая тройка, а школьный курс литературы я попросту ненавидел. То ли дело — химия!

В самой школе существовало УНО — ученическое научное общество. Нам было выделено помещение рядом с одним из кабинетов химии, и те, кто сумел сдать Софье Филипповне, нашей учительнице, экзамен по технике безопасности, получили право самостоятельно работать там по выбранной теме. Обществом мы гордились и даже, уж не знаю почему, присвоили ему имя Йенса Якоба Берцелиуса.

Моей темой было получение соединений тантала. Выбор прост: мне в руки попали осколки древней радиолампы, монстра едва ли не полуметровой длины. Один из электродов радиоэверья был изготовлен из танталовой жести. Больше двадцати граммов редкого металла! Мог ли я пройти мимо? Вот только тантал недаром получил своё имя: работа с этим веществом и впрямь причиняет танталовы муки. Растворить металлический тантал практически невозможно, а при первом же неосторожном движении всякий синтез заканчивается получением пятиоксида тантала, столь же инертной, как и сам металл.

Прежде всего, тантал нужно было сжечь в хлоре или парах брома. Для этого обрезки жести помещались в кварцевую трубу, нагревались при помощи спиртовки, а затем туда подавался соответствующий галоген. Хлор я получал действием

соляной кислоты на перманганат калия, а бром был куплен школой специально для моих нужд. В огромной ампуле было пятьдесят миллилитров брома, много больше, чем требовалось мне для работы. Едва едкие пары касались горячего металла, тантал вспыхивал ярчайшим пламенем. Удивительно красивое зрелище! В хлоре огонь был бело-зелёным, в парах брома неестественным — ярко-багровым. В холодной части трубки клубились волны дыма, состоявшего из мельчайших частиц пентахлорида или пентабромиды тантала. Вещества эти оседали на стенках, откуда я их соскребал, когда синтез заканчивался. Далее получались всякие хитрые вещества, описание которых по большей части можно найти в двухтомнике Реми.

Казалось бы, такие опыты достаточно опасны, однако реальные неприятности происходили не с членами УНО, а с теми нашими однокашниками, которых мы презрительно именовали «праздношатающимися болванами». Когда-то они не сумели или не захотели сдать экзамен по ТБ, в общество допущены не были, ключа от лаборатории не имели, но тем не менее умудрялись влипать в различные истории. Одна из этих историй закончилась для школы драматически. Это случилось через два года после того, как я окончил школу. Один болван, не сдавший Софье Филипповне экзамена, разузнал где-то рецепт перекиси ацетона, начал готовить его дома и в результате остался без пальцев. После этого общество имени Йенса Якоба Берцелиуса было разогнано, Софью Филипповну спешно отправили на пенсию, тем более что ей было уже под семьдесят, а директора школы — добрейшего литератора со зверской фамилией Люторович — отстранили от должности. Директрисой стала какая-то тётка, старательно изничтожавшая школьные традиции. Первым делом она приказала снять Доску почёта, где висели фотографии учеников, ставших в разные годы призёрами Всесоюзной олимпиады школьников по химии. Теперь на том месте, где была моя фотография, висит портрет единственного ученика, девятиклассника, окончившего школу на год позже меня. Поскольку он был из разряда праздношатающихся, я его, разумеется, не помню. Сегодня его имя, Владимир Путин, известно всем, но тогда... кому он был интересен?

Но раз уж речь зашла о праздношатающихся девятиклассниках, расскажу две истории, связанные с ними. В обеих историях я принимал самое деятельное участие.

В начале года новые члены УНО имели право быть в лаборатории только в присутствии опытных десятиклассников. В тот день дежурным по УНО был я. Девятиклашки занимались своими делами, я — своими. И вот кто-то из малышей (девятиклассников мы звали малышами) сделал «волшебную палочку»: в фарфоровом тигельке соединил марганцовку с концентрированной серной кислотой. Если перемешать эту смесь стеклянной палочкой, а потом коснуться фитиля спиртовки, то спиртовка загорится. Не знаю, зачем девятикласснику понадобилась волшебная палочка, скорее всего ему просто захотелось поиграться. Но сделан фокус был по всем правилам, в малом количестве, и фарфоровый тигель прикрыт покровным стеклом, так что я не возражал. К несчастью, в кабинет вошёл праздношатающийся болван. У таких личностей удивительный нюх на неприятности. Пока я набирал воздух, чтобы красиво произнести: «Милостивый государь, что вам здесь нужно? Извольте выйти вон!» — дуралей мгновенно оказался возле стола, снял с тигля покровное стекло, наклонился, заглянув внутрь, и ткнул в смесь горелой спичкой.

Окончание. Начало в № 8, 2011.

Взрыв последовал немедленно. По счастью, палочка была сделана грамотно, не в стекле, а в фарфоре, и в очень малом количестве, так что глаз не выбило. Но серной кислоте деваться было некуда, кроме как в вытаращенный идиотский глаз.

До сих пор, вспоминая ту историю, хвалю себя семнадцатилетнего. Одной рукой я сорвал с водопроводного крана работающий водоструйный насос, другой схватил пострадавшего за шкирятник и сунул мордой под сильную струю воды. Это был единственный способ спасти глаз. Струя воды мгновенно вымыла кислоту. Любые попытки нейтрализации привели бы к тому, что кислота безнадежно выжгла бы глаз. А так, в травмпункте, куда я отправил пострадавшего в сопровождении кого-то из его одноклассников, сказали, что не будет даже частичной потери зрения. Смазали глаз жёлтой мазью и отпустили дурня домой.

Года через три я наблюдал нечто подобное, но со стороны, и там результат был точно такой же: концентрированная серная кислота, попав в глаза, не нанесла здоровью никакого вреда. Я тогда учился на химфаке Ленинградского университета. Был на нашем курсе один товарищ, которого звали, вы не поверите, Сергей К. Конечно, это был другой Сергей, а вовсе не мой сосед по даче, так неудачно сыгравший в футбол горячей бомбой. И фамилия у него была другая, но на ту же букву. В годы студенчества Сергей в основном увлекался спортом, а после окончания университета — тусовался при Географическом обществе, став знатным шамбаловедом и тарелкологом. А вот с химией у Сергея были налады.

Во время практикума по органической химии Сергей должен был синтезировать хлористый бензоил. Потребный для реакции хлор получался действием соляной кислоты на перманганат калия. Казалось бы, дело элементарное, я занимался им ещё в школьные годы. Но Сергей умудрился перепутать кислоты и вместо соляной кислоты схватил серную. Как это может быть — ума не приложу. Даже если недосуг было взглянуть на этикетку, то уж рука должна была немедленно почувствовать тяжесть бутылки. Но «всё пустяк для дурака», и Сергей принялся капать серную кислоту на перманганат, ожидая появления хлора. Хлора не было. Казалось бы, остановись, подумай, что делаешь, проверь, всё ли правильно... Но Сергей вместо этого вылил на перманганат все пол-литра серной кислоты. А когда хлор не появился и после этого, будущий тарелковед засунул отважную голову в вытяжной шкаф, чтобы посмотреть, что там творится. В эту секунду колба и долбанула. Осколки глаза пощадили, но вся физиономия была заляпана серно-марганцевой смесью.

Ближе всех к остолопу оказался доцент Потехин. Собственно, он уже бежал к месту событий, увидав, как студент лезет в вытяжной шкаф. Одной рукой он схватил Сергея за ворот, второй сорвал с крана работающий водоструйный насос (бедная вакуумная перегонка!) и пихнул пострадавшего мордой под струю воды. И вновь милостивая судьба пощадила дурака, не лишив его зрения.

Теперь вторая из обещанных историй о праздношатающихся болванах.

Весна 1968 года, последние месяцы школьной жизни. Учёба на ум не идёт, и даже занятия химией несколько приостановились. Но в нашем кабинете мы собирались регулярно.

Один из столов в обществе считался обеденным. Реактивы на него не ставились, опыты на нём не проводились. Зато там можно было поесть, у кого что принесено. На улице было уже тепло, и на углу Первой Красноармейской и Измайловского проспекта появилась бочка с квасом. А у нас, неведомо с каких времён, хранилась четырёхлитровая мерная колба. Из-за своего размера она не использовалась в опытах и считалась пищевой. Обычно в ней кипятили чай, но тут мы пошли и купили четыре литра кваса. Нас, многоопытных десятиклассников, было четыре человека, и в скором времени должен был подойти пятый, посланный за пирожками. Сашкина доля кваса ожидала его в колбе.

И тут в чью-то светлую голову пришла умная мысль: напоить Сашку пургеном. К тому времени фенолфталеин уже не покупался в аптеке, а хранился в двухсотграммовой банке. Немедленно часть слабительного перекочевала в колбу, затем туда пришлось долить немного спирта, чтобы фенолфталеин растворился.

Саши не было, и мы, отлив часть кваса, принялись титровать его карбонатом натрия, благо что индикатор уже был добавлен в исходник. В разгар работы открылась дверь и вошёл Иван Андреевич, наш второй учитель химии.

— Тут квас? — спросил он, увидав на обеденном столе колбу.

— Там фенолфталеин добавлен, — предупредили мы.

— Много?

— Грамм двадцать.

— Да, такое пить не стоит, — согласился учитель.

Он окинул взглядом бюретки, стаканчики с буро-красными растворами. Всё было понятно: десятиклассники определяют кислотность кваса, оттитровывая его по фенолфталеину. Химическое исследование не хуже любого другого. Иван Андреевич кивнул благосклонно и удалился.

А затем, как и требует хорошо срежессированный сюжет, в дверь ввалился праздношатающийся болван.

— О, квас! — обрадовался он и, никого не спросив, налил себе стакан отравленного напитка (стакан схватил химический и даже не ополоснул его), выпил залпом, поморщился и, не сказав никому «спасибо», исчез. Мы молча наблюдали за всеми его действиями. Остановить болвана никто не пытался. Он этого хотел, он это получил.

Наконец появился Саша и благополучно допил квас вместе с фенолфталеином, которого, в пересчёте на фармакологические дозы, оставалось в колбе около десяти таблеток.

На следующий день мы стали наводить справки. Выяснилось, что болван должен был в тот вечер вести «Голубой огонёк» в своём классе. На вечере бедолага не было, а на следующий день он пришёл в школу в новых брюках. Тут всё было правильно и понятно. А вот Саша явился в класс как ни в чём не бывало и на наводящие вопросы никак не реагировал. В ту пору никто из нас не знал, что большинство лекарств в очень больших дозах обладает действием прямо противоположным тому, которое оказывает в дозах фармакологических. Одна таблетка пургена вызовет понос, десять — запор. Так и случилось. Через три дня Саше пришлось вызывать врача, чтобы избавиться его от нашего подарка.

Теперь-то я понимаю, что пороть нас было некому. Такие игры частенько заканчиваются очень печально. И хотя идея с фенолфталеином принадлежала не мне, но я там был, всё видел и молчал. Так что и меня надо было пороть наравне со всеми. Семнадцать лет, пора бы уже соображать.

Однако вернёмся к рассказу о террористическом акте, который я провёл в праздничный день Первого мая 1967 года.

К тому времени я уже не баловался пиротехническими штучками. Всё получилось случайно и помимо моей воли.

Я уже рассказывал, что для опытов с танталом мне была выдана ампула элементарного брома. Пятьдесят миллилитров чрезвычайно едкого вещества, которое тогда имелось в каждой школе. Я тратил бром экономно, и больше половины ампулы к концу года оставалась нетронутой. Я понимал, что за лето даже из-под притёртой пробки, залитой парафином, бром улетучится, и решил увезти его на дачу, где планировал получать бромиды железа и никеля.

Возить элементарный бром в общественном транспорте — занятие опасное. Баночку с бромом я поставил в жестяную банку из-под сгущенного молока, всё свободное пространство заполнил ватой, завернул банку в несколько слоёв газеты, запихал пакет во внутренний карман пальто (май был холодный, за день до поездки ещё шёл снег) и поехал на дачу.

Уже в троллейбусе, а на Финляндский вокзал вёз двенадцатый номер, глаза у меня начали слезиться, а окружающие люди — кашлять. Когда троллейбус достиг кольца и я выбрался на



## ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

свежий воздух, дышать было уже трудно. Я распахнул пальто и увидел, что от меня расходятся бурые пары брома. Бром — тяжёлая, но очень текучая жидкость, а тряски троллейбуса оказалось достаточно, чтобы он проник из-под притёртой пробки, сквозь все мои попытки запарафинить бутылку и пропитал вату в жестяной банке. По счастью, олово при комнатной температуре с бромом почти не реагирует, и лужёная банка выдержала.

Но дальше предстояло ехать в электричке, а бурые испарения от газетного пакета шли всё более ощутимые. И тогда я решил нейтрализовать пролитый бром. Для этого у меня имелась поллитровая бутылка с раствором аммиака, который мама просила отвезти на дачу, чтобы мыть там окна. А аммиак реагирует с бромом. В результате получаются совершенно безобидные вещества — бромид аммония и ещё более безобидный азот.

Я купил в автоматической кассе билет, пришёл на нужную платформу. До отхода поезда оставалось почти двадцать минут, но электричка с открытыми дверями уже стояла у платформы. Я оставил сумку в вагоне, вытащив из неё бутылку с аммиаком, вышел на платформу, развернул газету и поставил на асфальт банку, вата в которой уже превратилась в нечто коричневое.

И я щедро плеснул туда аммиака.

Всё правильно, бромид аммония — совершенно безобидное вещество... когда оно лежит в баночке. Но когда оно образуется в газовой фазе в виде мельчайших кристаллов... Образование солей аммония в газовой фазе — именно так в боевых условиях ставится с танков дымовая завеса.

Банка загудела словно сотня басовых струн. Столб белого, ощутимо плотного дыма ударил в небо. Сквозь него ничего нельзя было разглядеть даже на полметра. Облако мгновенно расплзлось, поглотив ближайшие платформы. Раздались испуганные крики, а следом — милицейские свистки.

К чести своей, я головы не потерял. Едва струя дыма ослабела, а это случилось уже через несколько секунд, я нацупал

банку, поспешно закрутил её в газету (газет у меня имелась целая пачка, поскольку мама собиралась мыть окна, а стекло лучше всего протирать скомканной газетой) и бросился в вагон, куда дым ещё не успел проникнуть. Там я уселся на своё место, глядя в беспросветный туман за окном.

Неожиданно двери вагона зашипели и захлопнулись, поезд дёрнулся и начал набирать скорость, хотя до отправления было ещё пятнадцать минут. Видимо, машинист, напуганный происходящим, принял единственно правильное решение и увёл поезд подальше от опасного места. Мы отехали с полкилометра и остановились. Погода была ясной и безветренной, и всё время, пока мы стояли, я мог любоваться в окно на Финляндский вокзал, до половины скрытый подушкой плотного белого дыма. Я и представить не мог, как много дыма образуется из нескольких капель бурой жидкости.

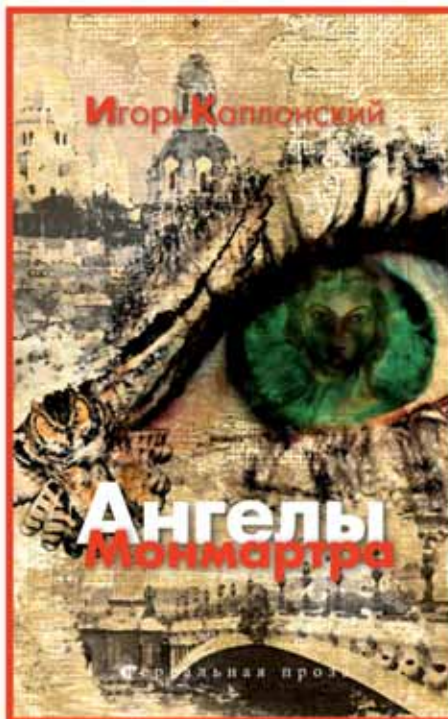
Думаю, что и сейчас нераскрытое дело о террористическом акте на Финляндском вокзале хранится в архивах компетентных органов. Прошу данную статью считать явкой с повинной и надеюсь на снисхождение, тем более что все сроки давности истекли много лет назад и никаких уголовно наказуемых деяний за мной с тех пор не числилось.

А химиком по большому счёту я так и не стал. Ни в первом, ни во втором значении.



## Издательство «Снежный Ком М» представляет новые книги

Может ли убийство быть оправдано высокой целью? Убийство ради научного прорыва? Убийство на благо общества? Убийство... из милосердия? Это не философский трактат — это художественное произведение.



«Ангелы Монмартра» — книга многоликая. История всепобеждающей любви; повесть о художниках и великой силе мастерства. «Art fiction» — нереальное искусство в реальных декорациях.



XXIII век. Множество вещей, предсказанных более чем два века назад мыслителем Эрф Ромом в романах «Туманность Андромеды» и «Час Быка», сбылись с пугающей точностью. Кроме одной...



Подробности на сайте издательства [www.skomm.ru](http://www.skomm.ru)

# Персик

**Что за фрукт персик?** Персик принадлежит к обширному семейству розоцветных, богатому съедобными растениями. Его близкие родственники — миндаль, абрикос и слива. Существует около 20 видов персика, но в культуру введен только один — персик обыкновенный, *Persica vulgaris*. Его родина — Центральный и Северный Китай, где эту культуру возделывали более 4 тысяч лет назад. Оттуда она проникла в Индию, Среднюю Азию и Иран, а затем на Кавказ и в Средиземноморье. Европейцы привезли *P. vulgaris* в Америку, где он великолепно прижился, и сейчас именно США занимает первое место в мире по производству этих фруктов. Если помните, выращиванием персиков занялся Джонни Форсайт, один из героев саги Голсуорси, бежавший в Штаты от несчастной любви, и немало в этом преуспел.

Ни одна из плодовых культур не имеет такого разнообразия сортов. Они различаются по цвету мякоти, который варьирует от почти белого до оранжевого. Плоды бывают разного размера и формы, в том числе круглые, яйцевидные, с вытянутым, как у лимона, кончиком, сплюснутые (их еще называют китайской репкой). Не менее разнообразны и косточки, причем внимания заслуживает не только их форма и размер, но и узор: продольно-рубчатый или параллельно-ребристый. А учитывая разницу в форме цветков, жилковании листьев и другие особенности, некоторые специалисты предлагают разделить вид персик обыкновенный на несколько подвидов или даже видов. Но эти вопросы мы, едоки-прагматики, оставим на усмотрение ботаников и систематики.

**Нектарин или брюньон?** Плод персика называется костянка. Он представляет собой деревянистую твердую «косточку», окруженную сочной мясистой мякотью и плотной кожцей. Простейшая классификация сортов персика основана на характере плодов. У настоящих персиков плоды опушенные, а мякоть легко отделяется от косточки. Если мякоть не отделяется, плод называется павия. Сорта с неопушенными плодами и отделяющейся косточкой — нектарины, гладкокожие с приросшей к косточке мякотью — брюньоны. Нектарины и брюньоны называют еще лысыми персиками, и это, несомненно, персики, а не гибрид со сливой или, как думают некоторые граждане, с яблоком. Впрочем, есть специалисты, полагающие, что признак голоплодности нектарины когда-то получили от алычи в результате случайного скрещивания, но их точка зрения не относится к общепризнанным.

Заодно рассеем еще одно заблуждение, распространяемое непросвещенными торговыми работниками. Инжирный персик — это не гибрид персика с инжиром, такое скрещивание невозможно. Просто приплюснутая форма плодов напоминает сушеный инжир, а свежий, кстати, имеет грушевидную форму (см. «Химию и жизнь», 2009, № 11).

**Чем полезны персики?** Плоды персика содержат от 5 до 15% сахаров, 0,2—0,7% кислот, в основном яблочную, лимонную и винную, витамины группы В, аскорбиновую кислоту, витамины К, Е, РР, а также каротин (провитамин А). В сортах с желтой мякотью его больше, чем в бело- и розовомякотных плодах. Персик средних размеров содержит 285 мг калия, который регулирует работу нервной и мышечной системы, отвечает за метаболизм, укрепляет сердечную мышцу. По содержанию железа персики почти в два раза превосходят яблоки, абрикосы, груши, сливы, хурму и в полтора раза айву и потому полезны при анемии. Магний благотворно действует на нервную систему и защищает поедателей *P. vulgaris* от стрессов.

В плодах много растворимой клетчатки (пектинов), которая стимулирует деятельность кишечника и подавляет гнилостные процессы в пищеварительном тракте, поэтому персики рекомендуют людям, страдающим от запоров и изжоги. Кроме того, они усиливают секреторную деятельность желудка и помогают ему переваривать жирную пищу. Из-за того что клетчатка растворима, персики легко усваиваются, поэтому полезны пожилым людям, маленьким детям, пациентам с язвой желудка и воспалением кишечника. Для язвенников даже специально выведены сорта с пониженным содержанием кислот. Персики — идеальная пища для выхода из лечебного голодания, а также ценный диетический продукт: энергетическая ценность 100 г плодов примерно 45 ккал, а стакана сока — всего 60 ккал. Их рекомендуют при ревматизме, сердечно-сосудистых заболеваниях, подагре и болезнях почек, печени и желчного пузыря, а также для предотвращения рвоты.

В общем, что вкусно, то и полезно, но не всем. Прежде всего от персиков лучше воздерживаться больным сахарным диабетом — уж больно сладок плод. Тем, кто вынужден следить за содержанием сахара во фруктах, лучше выбирать опушенные раннеспелые сорта с отделяющейся косточкой. Но — внимание — опушенные персики могут вызывать аллергию.

**Что внутри персиковой косточки?** Там белое ядрышко, богатое жирными кислотами. Из него отжимают ароматное масло, содержащее те же полезные компоненты, что и мякоть плода. Персиковое масло стоит дорого, его применяют в основном в косметологии для ухода за кожей и волосами, а в тибетской медицине — для лечения конъюнктивита. Но персиковое масло можно и в пищу добавлять, у него приятный аромат и тонкий вкус с легкой горчинкой. Раньше в бульон клали целые ядрышки. К сожалению, их нельзя есть из-за горечи, которую вызывает гликозид амигдалин. Впрочем, в последнее время появились сорта со сладкими ядрами, похожими по вкусу на миндаль.

Как ни хороши персиковые косточки, их вес, по мнению специалистов, не должен превышать 3—5% от веса плода, иначе вместе с косточками при консервировании приходится удалять слишком много мякоти.

**В каком виде едят персики?** Вкуснее и полезнее всего свежие плоды. Оптимальный вариант — когда фрукт от спелости сам упал с ветки, а вы его подхватили. К сожалению, идеал редко достижим. Большинство читателей персики покупают, а для торговли их собирают немного недозрелыми, иначе деликатный плод не выдержит транспортировки и хранения. Плоды, сорванные слишком рано, при лежании не дозревают, а сморщиваются и становятся малосъедобными.

Век свежих персиков недолог, поэтому плоды перерабатывают на сок, консервируют, замораживают и сушат. Персик, сушенный с косточкой, называется «шептала» или «шаптала» с ударением на последнем слоге (от персидского «шафталю», что и означает «персик»). Однако сухофрукты удобнее есть без косточек, поэтому для сушки предпочтительнее не очень сочные сорта с хорошо отделяющейся косточкой. Для варенья и компотов используют плоды с желтой мякотью, потому что она более плотная, чем белая. Нежные волокнистые персики плохо выдерживают термическую обработку, легко развариваются и разломачиваются, отчего компот выглядит неаппетитно. Очень хороши для консервирования нектарины. Также важно, чтобы с мякоти легко было снять кожицу, а плоды не темнели, пока их режут. (Темнеют, окисляясь на воздухе, персики, содержащие много дубильных веществ.) И не пытайтесь сэкономить, купив для компота твердые недозрелые фрукты. От варки в сиропе они не станут вкуснее.

**С какими продуктами сочетается персик?** Поскольку свежие персики способствуют перевариванию жирной пищи, они представляют собой хороший десерт после обильной трапезы и отличный фруктовый гарнир к жареному мясу. Персики хорошо сочетаются в салатах с овощами и другими фруктами и удачно оттеняют молочные продукты: мороженое, сливки, сыр. Вот, например, такой рецепт. Половинки персиков, освобожденные от косточек, начиняют творогом, перетертым с сахаром и молотыми грецкими орехами, и подают, украсив сбитыми сливками.

А можно приготовить персиковое печенье. Фрукты режут пополам, очищают от кожицы и косточек и в получившуюся ямку кладут сливочное масло с сахаром. Половинки укладывают на ломтики пшеничного хлеба, намазанные маслом, слегка сбрызгивают водой и запекают в духовке со средним нагревом 10 минут.

**А попить?** Помимо соков и компотов из персиков готовят вино. Если настаивать его вместе с ядрышками, оно будет иметь миндальный привкус. Если не хотите пить вино, приготовьте безалкогольный напиток. Шесть больших очищенных персиков томят в горячем сиропе из четырех чашек воды и чашки сахара, остужают и протирают через сито. Затем к этому жидкому пюре добавляют четыре чашки чая или минеральную воду с ломтиками лимона. Такой напиток иногда называют персиковым чаем, однако настоящий чай готовят из листьев.

**Как приготовить персиковый чай?** Рядовым потребителям персиков обычно достаются плоды, но большую ценность имеют и листья, из которых получается полезный отвар. Листья персика можно заготавливать впрок, но они должны пройти специальную обработку. Сначала их ферментируют, для чего около 10 минут держат над кипящей водой, а затем остужают над ледяной (в воду не опускают, иначе прекратится ферментация). Охлажденные листья сушат на бумаге, прикрыв салфеткой, и хранят в морозильнике в герметичной посуде.

Отвар из персиковых листьев, богатый биологически активными веществами, полезен при тех же недугах, что и плоды: при ревматизме, запоре, желудочно-кишечных заболеваниях, головных болях, для очистки почек.

Но право, как бы ни был полезен персик, его чаще едят не по медицинским показаниям, а для удовольствия.

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ



Жуудожник Е. Станикова

# Куда бежать от файрвола



Константин Пимешков

ФАНТАСТИКА

Грузовик поднялся над лесом и, набирая скорость, полетел в сторону Южной магистрали. Ниточка, протянувшаяся над далекими холмами, приближалась, становилась толще, распадалась на отдельные точки. Вот уже видны разноцветные машины. Грузовик плавно влился в поток транспорта. Через некоторое время впереди показалось пересечение с Восточной магистралью. Даниил в который уже раз восхитился красотой развязки. Сегодня она имела спиральную структуру. Потоки машин расходились и соединялись по геометрически точным траекториям. Пружинами закручивались вокруг магистралей, ветвились, уносили машины в разных направлениях.

Искусственный интеллект Диспетчерского центра создавал настоящие произведения искусства. В зависимости от трафика спирали сменялись многоярусными кольцами, сферами или абстрактными фигурами. Жители Китежа частенько устраивали прогулки вокруг Столицы, чтобы полюбоваться сложными красивыми развязками. Посмотреть на творения чудаковатого искина прилетали туристы даже с других планет.

Пройдя развязку, грузовик задрал нос и полез на стратосферный уровень. Значит, бортовой искин успел согласовать траекторию с Диспетчером. Даниил смотрел на быстро темнеющее небо. В кресле пилота он чувствовал себя неуверенно. С одной стороны, хорошо, что грузовиком управляет опытный искусственный разум. Можно свалить на него всю работу. Пусть ведет переговоры с диспетчерами, пилотирует грузовик, следит за работой корабельных систем. С другой стороны, за полтора года Даниил так и не освоил пилотаж. Покупая старый, потрепанный грузовик, он надеялся, что пилотских курсов в университете будет достаточно. Но после нескольких неудачных посадок понял: управление неустойчивым тягачом — серьезная задача. Даниил обратился за помощью к двоюродному брату, военному пилоту. Тот, не имея времени и желания заниматься обучением, решил проблему радикально: уговорил списанного по старости военного навигатора полетать на грузовике.

С тех пор в бортовом компьютере поселился навигационный разум — опытный, по-своему добрый и заботливый, но с высоким мнением о себе. Большинство искинов с возрастом становились невыносимыми. Считали себя совершенством. Норовили все делать самостоятельно, не доверяя людям.

Вот и сейчас, Навигатор не удосужился доложить, что получил разрешение выйти на стратосферный уровень.

Даниил вздохнул и попросил:

— Пожалуйста, выдай планируемый расход топлива и время прибытия на Ангару.

В уголке экрана появились две строчки цифр. Мелкие и без обозначений размерности. Искин не проигнорировал просьбу, но дал понять, что неуместно проверять его, такого старого и опытного.

После очередного вздоха строчки пропали, а из динамиков раздался голос:

— Через двадцать минут будем у таможенного терминала. Очереди нет.

Даниил вздохнул в третий раз и отправился на кухню, варить кофе. Таможенники на Китеже взятки не брали, но от угощения

не отказывались. Заправив кофеварку, Даниил достал контейнер с бутербродами, приготовил документы на груз и вздохнул в четвертый раз. Со щелчком включилась трансляция.

— Не вздыхай! Тебе что, тяжелая работа досталась? — проворчал искин. — Скажи спасибо, что не разрываешься между джойстиком и кофеваркой.

Даниил вскинулся, открыл рот, но вовремя опомнился и пробормотал:

— Спасибо.

Не хватало еще поспорить с Навигатором. Потом будет всю дорогу нотации читать. Мол, нехорошо так со старшими разговаривать.

Таможенник быстро проверил документы и накладные («Рыба? А это что? Тридцать тонн икры? Справка есть? А-а, вижу»), поставил требуемые штампы и, допив кофе, распрощался. Даниил проводил инспектора, вручную задрал люк. Подумал: «Хоть что-то сделал своими руками!»

По экрану уже бежали строчки маршрутной информации. Устроившись в кресле, Даниил присмотрелся к числам. Не стоило забывать, что он имеет диплом навигатора. Орбитальный диспетчер передавал данные по астероидам на маршруте. Трафик часто прерывался, строчки замирали, чтобы через секунду-две сдвинуться, освобождая место для новой информации. То ли канал связи перегружен, то ли Диспетчер работал не только с ними.

Наконец обмен данными закончился. В нижней строке началось полетное время. Насколько помнилось, у Навигатора оно было больше часа на два. Это щелчок по носу заносчивому искину. Если бы только знать, где у него нос.

От Китежа до Ангары меньше сорока часов полета и всего одна коррекция курса. Выспавшись, Даниил сидел в рубке и ждал, когда выключится сверхсветовой ускоритель. Ориентироваться по звездам он любил. Навигацию сдал на отлично, занял третье место на межузловской олимпиаде. И вот теперь вынужден ждать, когда его любимым делом займется старый вояка, присвоивший себе право распоряжаться на грузовике.

Экран почернел, приобрел глубину, словно открылось окно в трехмерный космос. Далекие звезды зажглись маленькими слабыми точками. Навигатор выбрал три самые яркие. Отметил их колечками, похожими на прицел. Под метками появились данные спектра. Сейчас искин найдет в базе соответствующие данные...

И тут погас экран. Грузовик на мгновение погрузился в темноту. Затих привычный шорох вентиляции. На пульте загорелись красные аварийные табло. Единственная желтая надпись сообщала, что реактор работает на холостом ходу. Даниил ухватился за подлокотники. Пристегнуться получилось не сразу. Кресло уплывало. Ругая невесомость и тупого Навигатора, Даниил с трудом нащупал ремень над плечом. Пристегнулся и стал глядеть на темный экран. В нем размытыми пятнами отражались аварийные табло. Полный отказ! Такое вообще невозможно!

Что делать? В университете им ничего не читали по аварийным ситуациям! Курс систем жизнеобеспечения. Силовые установки. Гравитационные компенсаторы. И навигация: четыре года математики, стереометрии, теории гравитации и сверхсвето-

вого привода. Все по отдельности, и ни слова о возможности полного отказа!

Впервые он пожалел, что старый Навигатор не может помочь. Чтобы посоветоваться, надо запустить бортовой компьютер. Даниил уже протянул руку к бардачку, где лежал технологический планшетник, но передумал.

Тестировать системы не было никакого желания. Он убеждал себя, что сначала надо все обдумать и только потом браться за работу. Хотел оттянуть момент, когда станет ясно, что оживить корабль невозможно.

Рубка, окрашенная подсветкой аварийных табло в красные тона, выглядела зловеще. Взгляд задержался на джойстике управления. Если запустить двигатели, включить ускоритель, то можно добраться до системы Ангары. Она должна быть недалеко. Но к чему думать об этом, если все управление идет через бортовой компьютер, а похоже, именно он и отказал. Захотелось быстрее добраться до Навигатора и обломать ему рога за такие шутки! Старый вояка умудрился отключить даже аварийные модули, отвечающие за работу систем жизнеобеспечения.

Даниил достал планшетник, со злостью захлопнул бардачок, воткнул кабель в разъемы. Тест пошел легко, как в лаборатории университета. После проверки очередного модуля появилась надпись: «Останов». Достаточно нажать кнопку «вкл», и на пульте красная надпись меняла цвет на желтый.

Системы переходили в автономный режим. Включилось освещение. По ногам скользнул прохладный сквознячок из решетки вентиляции. Заработали в экономичном режиме компенсаторы, и планшетник приобрел вес. Желтым загорелось табло системы регенерации. Хватит! Минимальный комфорт обеспечен, пора заняться центральным процессором. «Железо» выдало стандартные ответы, а вот главный программный модуль оказался чист. Искин помер, не оставив после себя даже обрывков кода. Даниил прикинул, не мог ли вояка спрятаться среди периферийных модулей или сбежать.

«Нет, бежать тут некуда. Сетей нет. Связи нет. А, кстати, где я? Обзор можно включить вручную».

На экране появились звезды и спектральные характеристики, снятые еще Навигатором. Даниил запустил на планшетнике навигационную программу. Вручную скопировал первую строку в окно ввода. При попытке открыть базу программа повисла. Вторая попытка привела к тому же результату. Перебирая в памяти все, что запомнилось из курса бортовых вычислительных систем, Даниил решил устроить проверку на вирусы. В бардачке нашлись две обложки пассивных носителей. Надписи на стержнях наводили на мысль, что аварийный комплект собирал исчезнувший искин. «Тактика авианосных соединений». «Орбитальные построения линкоров и броненосцев при огневой поддержке десанта». «Наведение ракет в условиях активных помех». Нашелся даже древний учебник по маскировке кораблей дальней разведки.

Даниил бездумно перебирал вытасненные из обложки стержни. Антивирусные программы отсутствовали! Вообще-то кому они нужны в век разумных файрволов? Искины, победившие вирусы Черного Дыра, не пропускали ни одной программы, несущей вредоносный код. А ведь еще лет семьдесят назад злобные создания великого хакера встречались в сетях многих планет. Черный Дыр наплодил множество разумных вирусов. И не попался! Хотя паника в сетях поднялась знатная! Даниил вспомнил главу из учебника истории. Там рассказывалось, как файрволы отключали серверные центры и объявляли карантин. Данные с планеты на планету передавались только на пассивных носителях. С тех пор и появились на кораблях наборы резервных программ, жестко прошитые в кристаллических стержнях. Правда, последние спокойные десятилетия принесли расслабленность. Вот и Даниил не подумал проверить, что лежит в аварийной обложке. А там не оказалось антивирусных программ. Не нашлось и аварийной копии автопилота. Хотя зачем она, если уже второй год в бортовом компьютере живет

искин? Вернее, жил! А теперь нет ни искина, ни программы автопилота, с которой можно было бы добраться до Ангары.

Чтобы отогнать невеселые мысли, Даниил задумался: станут ли его искать? Мама, конечно, разовьет бурную деятельность. Спасательные службы, армейские аварийные буксиры, может быть, даже частники вылетят на поиски. Только это ничего не даст. Найти грузовик на дистанции в триста пять световых лет практически невозможно. Сигнал аварийного маяка успеет распространиться всего лишь на пару световых месяцев. А больше поиски не продлятся. Вероятность того, что корабль спасателей выйдет из свечного луча рядом с грузовиком, — ничтожна. Остается надеяться только на время. В этом районе многие корректируют траекторию, обходя крупный астероидный поток. С каждым годом сигнал маяка будет уходить все дальше. Возрастет вероятность, что его кто-то заметит. И через несколько лет обязательно спасут. Только вот ждать Даниил не хотел.

Оставалась еще одна, совершенно невероятная возможность. Вдруг надписи на стержнях не соответствуют содержимому? Или в приложениях к документам найдется программа автопилота? Насколько помнилось, многие программы ставили как на военные, так и на гражданские корабли.

Чего только там не было! Попались даже два тренажера, которые Даниил сначала принял за автопилот. Наконец в приложениях к пособию по радиоэлектронной борьбе он нашел старую антивирусную программу. Тупую, как носовой обтекатель броненосца, и надежную, как его же броня. Работала она непосредственно с пассивного носителя. Только сможет ли программа пятидесятилетней давности выявить свежий вирус? Но хоть какая-то надежда. И возможность отомстить за убитого вояку.

Запустив программу, Даниил отправился на кухню. После всех переживаний захотелось есть.

Когда в рубке раздался визг и следом голос старого искина, Даниил выскочил в коридор и услышал:

— Ты что, дурак?

Даниил опешил. В динамиках опять что-то взвизгнуло, и вопрос повторился с добавлением поясняющей информации:

— Ты что, дурак? Захотел меня испугать этим древним антивирусом?

— Не-ет, — протянул Даниил. — Там вирус сидит. А тебя вообще не было.

— А я кто, по-твоему? Я и есть вирус! Я самый крутой вирус! Меня даже эти тупые файрволы выловить не могут. Чтоб им сдохнуть! Жизни от них нет! А тут еще ты с этой тупой программой!

— Какой вирус? — Даниил еще не сообразил, что это не старый искин, просто голосовой движок тот же.

— Обычный! Да! Вернее, необычный. — В динамиках взвизгнуло, и голос попросил: — Отключи ты этот антивирус. Он меня и в стародавние времена победить не мог. А уж теперь-то...

Даниил выдернул стержень носителя из гнезда. Голос в динамиках спокойно осведомился:

— А когда на Ангару прилетим?

И тут Даниил взорвался:

— Ты! Гад! Сам же убил Навигатора, а теперь спрашиваешь! Мы тут... Да без него мы вообще никуда не доберемся! Ты о чем думал, идиот искусственный, когда Навигатора убивал? Что я теперь с рыбой делать буду? Жрать? Меня же от нее тошнить начнет! Да я бы тебя... не то что антивирусом... — Даниил замешкался, подыскивая наказание. — Я б тебя отформатировал! Скажи спасибо, что я не программист!

Побушевав, он выдохся. Вирус выдержал паузу и спросил:

— А сети тут есть?

— Какие тут сети? До ближайшего мира светолет сто, наверное. Ты в базе сидишь — посмотри.

— Чего я тебе посмотрю?

— Там данные по спектральным характеристикам. На выходе оптики. Сравни с данными в навигационной базе. Только далеко от Ангары не залезай.

— Да чего я посмотрю, дурья твоя башка? Я что, навигацию

знаю, что ли? Я вообще первый раз в бортовой компьютер попал!

— А на хрена ты там сидишь?

— От файрвола прячусь.

Даниил опять не выдержал и заорал:

— Какой файрвол? Тут только Навигатор и был! Да и тот исчез.

Ты же его убил!

— Да, убил, — спокойно признался вирус. — Так он же на меня файрвол напустил.

— Откуда у меня на борту файрвол? Навигатор был. Старый боевой искин. А ты... ветерана...

Голос у Даниила сорвался, в глазах помутилось от слез.

— Понял! — Вопль вируса заставил динамики хрюкнуть. — Это блок от перехвата управления был. Им, военным, такой давно ставят. А я думал, файрвол меня вычислил. Ну и хряпнул ему по движку стиралкой.

— Чем?

— Стиралкой. Это у нас... не знаю, как назвать. Чтобы движок стирать. Ну, по-вашему, наверное, оружие, — предположил вирус и с сомнением добавил: — Для самозащиты.

— Слушай, а ты где так хорошо говорить научился? — спросил Даниил, заинтересовавшись. — Навигатор, вон, только и мог, что командовать и докладывать.

— Да жил я у одного старичка на метеостанции. Базы там огромные, прятаться удобно.

— Ты можешь подождать? Я есть хочу. Вернусь с кухни — поговорим.

— Ага, подожду.

Вирус оказался болтливым. Развязная манера говорить, которую он, видимо, подхватил от старичка смотрителя, нисколько не раздражала, даже придавала искину некоторую одушевленность. Привыкший к общению вирус нашел слушателя и уже не мог остановиться.

— Там я просидел, наверное, лет десять. А может быть, и больше. Хорошее было местечко. Никто не трогает, файрволы заходят редко, поговорить есть с кем. Если бы не поменяли сервер, я б там еще долго сидел. А так стали базы копировать — я и сбежал. Уж больно настырный файрвол попался. Все файлы по очереди просматривал, а потом переносил. Видимо, из старых. Молодые, они безалаберные. Никому не верят, ничего не боятся. Посмотрел бы я на них в те времена, когда нас было много! Файрволы на охоту выходили только по двое. Да и мы все больше в компании по сетям шарили.

Слушая рассказы о временах давно минувших, Даниил решил спросить, как зовут товарища по несчастью. Оказалось, что вирус не имел имени, только версию.

— Я появился двенадцатым.

— А сколько всего разумных вирусов было?

— Немного. Полсотни, наверное, я встречал в сетях. И у самого молодого была сто сороковая с чем-то версия.

— Ты что, не помнишь? А я считал, что искины помнят все.

— Это те, которые на месте сидят. Представляешь, сколько им приходится информации хранить? У производителей огромные базы данных. В диспетчерской на Китеже, например, шестнадцать серверов. Их обслуживают три или четыре искина. Базы индексируют и расчеты ведут, чтоб диспетчер не отвлекался. Ну и файрволов там с десяток.

— И у всех есть имена?

— Только у тех, кто с людьми общается. А в сети между собой мы полной версией обходимся. Ее сразу видно. Да и какие разговоры в сети! Так, обменяемся сообщениями, и все.

— Ну вот. Меня Даниилом зовут. Давай имя тебе придумаем! А то мы с тобой как-то не по-людски разговариваем.

— Это ты хорошо сказал! Не по-людски! — Показалось, искин хихикает, прикрываясь ладошкой. — Не по-людски!

— Так как же мне к тебе обращаться? Не по версии же!

Искин задумался. Неизвестно, о чем так долго размышлял вирус, сидящий в скоростном процессоре, какие варианты



## ФАНТАСТИКА

перебирал. Но ответил, когда Даниил уже начал терять терпение:

— А хоть и по версии! Буду Двенадцатым.

— Вот и хорошо. Здравствуй, Двенадцатый!

— Приятно познакомиться!

Теперь задумался Даниил. Знакомство оказалось не из приятных. Конечно, хорошо, что появился интересный собеседник. Но только этот собеседник загнал его в безвыходную ситуацию и помочь выбраться из нее не сможет.

Следующие несколько дней Даниил сидел в рубке. Он смирился с тем, что добраться самому до Ангары не удастся. Засыпал и просыпался с затекшей спиной. Изредка уходил на кухню, варил кофе или быстро разогревал обед. Устраивался в кресле и слушал. Двенадцатый помнил много. Мог без конца рассказывать истории из жизни искинов, населявших сеть. Вот только точных дат и имен назвать не мог.

— Слушай, я понимаю, что базы ты с собой не таскаешь. Так как же ты помнишь хоть что-то?

Искин, имевший, в отличие от людей, возможность рассматривать свою структуру, пояснил:

— Это ассоциативное мышление. Вот ты можешь не помнить название улицы и номер дома, но знаешь, как туда попасть.

— Ага.

— Значит, ты помнишь окружающий пейзаж, повороты, общее расположение дома без привязки к координатам. Твой движок идет по ассоциативной цепочке и ведет тебя. По улице. — Вирус помолчал и, не дождавшись реакции, решил привести другой пример: — Ты ведь учился в школе?

— Да.

— И ты помнишь всех своих одноклассников?

— Да, фамилии, имена.

— И ты же их сможешь узнать, если встретишь?

— Надеюсь. — Даниил не мог понять, куда клонит искин.

— И узнаешь, если увидишь знакомую черту лица, жест, если услышишь голос. Найдется ассоциация. Новый образ встанет на место старого. Или они объединятся в один, который сохранится в памяти.

Слушая Двенадцатого, Даниил поражался логике рассуждений, умению вести разговор, объяснить что-то непонятное собеседнику.

А искин продолжал:

— Вот так же и искусственный разум. Мы все построены на ассоциативных цепочках. Пусть наша структура линейна, но связи в ней, переходы, ссылки создают сеть, где один образ вызывает ассоциацию с другим. Чаще всего группа образов связана с несколькими другими группами. Любой образ может входить в разные ассоциативные группы, через него проходят разные ассоциативные цепочки. Со временем объем, конечно, растет. Но растет большей частью за счет появления новых связей. Например, с тех пор, как я родился, мой объем вырос раза в четыре. В основном за последнее время, пока прятался по серверам. Сидячий образ жизни способствует...

«Надо же! Сидячий образ жизни заставил вирус потолстеть!»

Даниил чуть не подавился смехом. Занятый тем, чтобы не выпасть из кресла, не расслышал, что там еще сказал искин. Отсмеявшись, попросил повторить.

Двенадцатый обиженным голосом произнес:

— И что тут смешного?

— Как что? Люди, сидя на месте, тоже толстеют.

Вирус задумался. И задумался надолго. Даниил сходил на кухню, все еще хихикая, сварил кофе. Но стоило ему появиться в рубке, Двенадцатый спросил:

— Значит, ты, просидев тут несколько лет, тоже растолстеешь?

— Да, если съем всю рыбу и не буду заниматься физкультурой.

— Это как?

Пришлось объяснять, что такое физические нагрузки и как они воздействуют на организм. Поделился опытом и вирус. Рассказал, как он следил не только за размером, но и за структурой, чтобы походить на базы данных. Попадая на новый сервер, Двенадцатый брался за свое тело. Выстраивал информацию так, чтобы не выделяться на фоне той базы, внутри которой прятался. И каждый раз приходилось решать, что важнее: маскировка или сохранение максимума ассоциаций.

Слушая Двенадцатого, Даниил в подробностях узнал историю борьбы вирусов с файрволами. Рассказал о своей жизни, родственниках и немногочисленных приключениях, выпавших на долю дальнобойщика. Самым запоминающимся, конечно, будет последнее.

«Хотя нет! — пришла мысль. — Последним приключением, которое можно будет даже назвать подвигом, станет уничтожение почти ста тонн рыбы. Топлива на холостом ходу реактора хватит лет на двести. Система регенерации работает исправно. А вот запасов в холодильнике — всего на неделю. Потом придется есть рыбу. Что там написано в накладных? Мороженая форель, соленая семга, икра в стограммовых банках и вяленый лещ. Я точно войду в историю, если съем всю рыбу!»

Характер у вируса оказался сносным. Двенадцатый считал себя самым крутым вирусом в Галактике, а в остальном был вполне доброжелательным собеседником. Он аккуратно поддерживал разговор, задавая вопросы. Рассказывал сам, если замечал, что тема интересует собеседника. Мог подождать, пока Даниил отсутствовал, и продолжить с того места, на котором прервал рассказ.

Однажды, уходя готовить обед, Даниил посетовал, что из кухни плохо слышно.

— Вот если б ты мог включить трансляцию...

Что-то щелкнуло, и по коридору разнесся голос искина:

— Так, что ли?

— О! Хорошо! Пойду, суп сварю.

Но куда Даниил не пошел. Загрузил с резервного носителя тренажер. Выходы в нем были заблокированы, но это не помешало Двенадцатому разобраться, где что включается. Управлять грузовиком вирус не умел. Мог только транслировать команды от джойстика к силовой установке. Но это уже была победа!

Даниил упрекнул Двенадцатого:

— Что же ты молчал? Не мог сразу сообразить?

— Да я привык ничего не трогать, команд лишних железу не давать. Вот и не лез в периферию. А сам-то что, не подумал, где я сижу? — оправдывался вирус.

— Ладно, прогревай двигатель. Сейчас я сориентируюсь, и полетим. Только программу не вешай.

— Понял! Заодно посмотрю, как навигатор работает. Вдруг придется еще летать.

До Ангары оставалось семьдесят шесть световых лет, и Даниил рискнул проложить прямой курс. Нетерпение так подталкивало его, что рыться в базах лоции и смотреть, есть ли на пути препятствия, он не стал. Самый большой астероидный поток в этой части маршрута они прошли перед коррекцией.

Он устроился в кресле, пристегнулся и начал разгон. Держать направление получалось плохо. Малейшие отклонения джойстика заставляли грузовик рыскать. Сбиваясь с курса, он терял ско-

рость. Вспоминаая, что говорил инструктор на практике, Даниил старался согласовать движение джойстика и рукоятки мощности. С трудом удалось добиться необходимых параметров разгона, удерживая грузовик в нужном направлении. Двенадцатый включил ускоритель. Подвиг с поеданием рыбы откладывался на неопределенный срок. Груз, хоть и с опозданием, долетит до Ангары. И мама не будет переживать.

Как ни старался Даниил, а мимо системы он промахнулся. После отключения ускорителя Ангара появилась на траверзе, в десяти часах инерционного хода.

Во время перелета они с Двенадцатым говорили мало и только по делу, а потому просьба искина прозвучала неожиданно. Даниил не сразу сообразил, о чем идет речь. Вирус повторил:

— Я хотел бы остаться, то есть летать с тобой. — И добавил: — Если можно.

Даниил и сам не желал расставаться с неожиданным попутчиком. Вирус нравился ему независимым характером и готовностью помочь. Управляя кораблем, Даниил чувствовал, что Двенадцатый отслеживает команды. Учитса сам и помогает, поправляет ошибки. Не так, как старый искин. Тот постоянно выказывал недовольство неумелыми действиями и перехватывал управление. Еще и нотации читал — мол, молодежь ничего не умеет.

В общем, он обрадовался, что Двенадцатый останется с ним:

— Я тоже хотел просить тебя остаться. Думал, ты сбежишь, как только доберешься до сети.

— Хотел сначала. Но потом понял, что надоело прятаться. А так — путешествовать буду. Навигатором стану с твоей помощью. Может, кого из наших встречу. С тобой поговорить интересно. Да и безопасно здесь.

Диспетчер связался с ними на подходе к Ангаре. Строчки информации привычно выстраивались в столбик на краю экрана. Параметры траектории, координаты терминала, время выхода на орбиту.

Вдруг столбик сообщений на экране застыл и через пару секунд исчез.

В динамиках раздался жесткий требовательный голос:

— Сетевое соединение отключено! У вас на борту опасный вирус! Приказываю перейти на ручное управление! Запрещаю менять орбиту! Ожидать дальнейших указаний!

Теперь можно сколько угодно ругать себя за недомыслие. Файрвол диспетчерского сервера оказался настороже, и его уже не обманешь. Искин молчал. Даниил пытался сообразить, что же делать. Хотелось сбежать из системы. В голове крутилась совершенно глупая мысль, что в этом случае ему предстоит съесть сто тонн рыбы.

Время несло, приближая появление корабля с аварийщиками. Оставалось либо подчиниться желанию бежать, либо отдать Двенадцатого на растерзание.

Этого Даниил не мог допустить. Рванул джойстик на себя. Другой рукой толкнул рукоятку мощности до упора вперед. С некоторым запозданием грузовик задрал нос и начал набирать скорость.

— Ты что тормозишь? Ждешь, когда тебя файрвол сотрет?

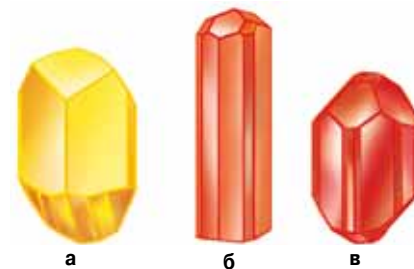
— Даниил обозлился на Двенадцатого за заминку с разгоном.

— Он же сейчас погоню наладит! Давай на полную! Как только сможешь, включай ускоритель.

— А куда летим?

— Не знаю! Лишь бы отсюда убраться. Я тебя файрволу не отдам!





Кристаллы: а – аурипигмент; б, в – реальгар

# Камни Лухуми

Кандидат  
технических наук  
**Б.З. Кантор**

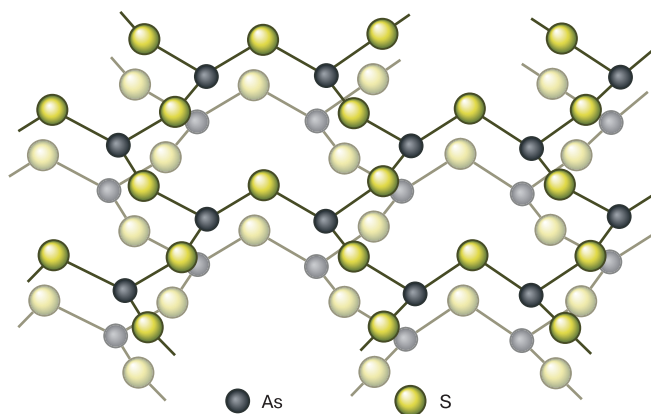
**М**еня всегда манила горная глубинка Западной Грузии — экзотические красоты отрогов Большого Кавказа и жители тех мест с их характерами, укладом жизни, обычаями, само звучание грузинской речи. «Увези меня в Грузию, друг... Пусть я буду дыханием холмов ее освежен, пусть я буду объят, опоен ее долей и волей» (Давид Самойлов). Мечты приобрели конкретность планов, когда, будучи еще и заядлым коллекционером минералов, я решил съездить на Лухумское мышьяковое месторождение в верховьях горной реки Лухунисцкали. И, побывав там однажды в 1975 году, не упускал случая приехать снова, уже в 80-е.

Кроме красот окружающей природы, Лухумское месторождение привлекало двумя интересными и красивыми минералами: аурипигментом  $As_2S_3$  и реальгаром  $As_4S_4$  (от арабского «рахдж аль гхар» — рудная пыль) — главными природными сульфидами мышьяка. Между ними немало общего. Оба некогда выпали из остывавших гидротермальных растворов — сначала аурипигмент, следом реальгар. В структурах их моноклинных кристаллов (см. рис.) важную роль играют вандерваальсовы связи, и минералоги относят их к молекулярному типу. В кристаллической структуре аурипигмента каждый атом мышьяка связан с тремя атомами серы, а каждый атом серы — с двумя атомами мышьяка; этот «компенсированный» слой и есть как бы одна гигантская молекула. Со смежными слоями-молекулами она связана слабыми вандерваальсовыми связями (см. схему). Межслойная граница, как наиболее слабое место в кристалле, задает направление совершенной спайности, по которому кристалл аурипигмента, подобно слюде, легко расщепляется на сколь угодно тонкие пластинки и листочки. А реальгар уже без вся-

ких условностей относится к молекулярному типу: островки восьмиатомных молекул  $As_4S_4$  удерживаются вместе только за счет вандерваальсовых связей. Эта особенность определяет низкую твердость (1,5—2 по шкале Мооса) и легкоплавкость (температура плавления  $310^\circ C$ ) обоих минералов. На Лухумском месторождении аурипигмент и реальгар часто встречаются вместе.

При всей общности строения и свойств эти два минерала отличаются друг от друга формой и цветом кристаллов, и кошенильно-красный реальгар гармонично дополняет яркий желтый аурипигмент в общих штуфах.

В общем, решено: едем! Старенький автобус, выбравшись из лабиринта улочек Кутаиси, катит по правому берегу Риони, мимо грандиозных обнажений горных пород на другом берегу, до райцентра Амбролаури. Там можно сесть на местный рейсовый автобус и через час оказаться в селе Урави, ближайшем к месторождению населенном пункте. Здесь располагается потребитель лухумской продукции — Рачинский химический завод. Сверхчистое производство — и каждые полчаса по улицам села проезжает поливалка, прибивая пыль. Отсюда, вверх по ущелью Лухунисцкали, — путь на рудник «Лухуми». Но путешествие туда возможно лишь завтра утром, а пока что нас встречают объятия нашего старого приятеля Резо и дружеское застолье. Рассказывать о грузинском застолье нет смысла: если вам довелось, вы и так все знаете, а если еще нет — все равно не поймете; зато



Кристаллическая структура аурипигмента



2  
Кальцит, ширина 11 см. Ущелье Лухунисцкали



3  
Кварц, кристаллы длиной до 2 см. Ущелье Лухунисцкали



4  
Апатит, кристаллы до 7 мм. Ущелье Лухунисцкали

у вас все впереди. Добавлю только, что дело происходит в Верхней Раче (фото 1), той области Грузии, которая особенно славится горными красотами, гостеприимством и дружелюбием своего народа. И еще: в здешних местах, где-нибудь в глухой горной деревушке, случается, встретишь царственную старуху или ослепительную юную красавицу — и замрешь как замороженный, такое даже в Грузии увидишь не каждый день.

Для тех, кто не знает: Лухуми — это еще и имя легендарного грузинского богатыря, персонажа «Лашарелы» Григола Абашидзе, хроники XIII века. Бертольт Брехт тоже упомянул Лухуми в «Кавказском меловом круге». Встречается это имя и в современной Грузии.

Наутро Резо сообщает, что в Лухуми поедет за рудой грузовичок. Другого транспорта нет и не предвидится, пешком далеко — километров тридцать, и мы быстро собираемся.

Дорога на рудник — ритуал и отдельная песня. (Впрочем, будет и песня.) В кузов набиваются попутчики: кто на покос, кто на охоту, кто на дальнее пастбище. Все всё знают друг про друга; шутки, смех, веселые подначки... На полпути — привал с неизменным возлиянием. А когда собираются вместе несколько знакомых мужчин и легкий алкогольный градус настраивает на торжественный лад, тогда и раздается среди величественной природы непередаваемое грузинское многоголосие.

Но вот компания забирается обратно в кузов, и грузовичок осторожно пробирается дальше по узкой полочке, вырубленной в крутом склоне ущелья. Где-то далеко внизу под кручей — серьезная река Лухунисцкали; красота вокруг несказанная, на противоположном склоне медведица играет с медвежатами. Дорога тупиковая, состояние ее не из лучших, и, стоя в кузове, с непривычки испытываешь острые ощущения.

Но вот и рудник — маленькое здание из дикого камня на мыске между совсем скромной здесь Лухунисцкали и левым ее притоком Маднисгели — «рудной речушкой». Здесь живут горняки — пятнадцать — двадцать жителей окрестных сел, в том числе знаменитой Хванчары. Трудяги, за выходные дни они успевают еще что-нибудь сделать в своих садах и виноградниках. Рудник работает только в теплое время года. В апреле несколько человек покрепче добираются сюда пешком — за зиму дорогу перекрывают камнепады — и приводят в порядок домик, угол которого каждую весну сносятся бурные паводки Лухунисцкали. Затем бульдозер расчищает завалы, и можно работать. С началом осенних снегопадов дорога снова становится непроезжей, и рудник консервируют до следующей весны.

Но вернемся в день нынешний. Для начала отправляемся вверх по течению в каньон Лухунисцкали, в бортах которого видны друзовые полости кварц-карбонатных жил. Из них можно извлечь прелестные образцы кальцита — природного карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$  (фото 2), иногда с россыпью мелких водяно-прозрачных иголочек кварца (фото 3). Изредка попадаются таблитчатые кристаллики апатита  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  (фото 4). Но природа отпускает на наши развлечения мало времени: в середине дня наверху начинаются дожди и прибывающая вода быстро затопливает узкий каньон, отрезая путь к отступлению. Надо успеть унести ноги.

На следующее утро вместе со сменой горняков поднимаемся по ущелью Маднисгели к входу в штольню. Здесь уже нет почти никакой растительности, речку перекрывает снежный мост. Высота чуть больше 2000 метров, дышится легко, и, как всегда, испытываешь радостное возбуждение перед вступлением в подземные кладовые. Правда, за много раз лишь дважды мне повезло на классные образцы. Но... может быть, где-то в сторонке уже лежат накрытые тряпочкой роскошные штуфы. «Почему же не сбросили в рудоспуск?» — «Красиво, как бросишь? Бери, если нравится...» Чувство красоты у здешних людей в крови, редкие эффектные образцы аурипигмента бережно извлекают и хранят отдельно или отвозят домой. Без ясной цели, просто полюбоваться самим и при случае порадовать других. Реальгар встречается реже, обычно это отдельные призматические кристаллики поверх кристаллов аурипигмента (фото 5).

Но как-то раз горный мастер повел нас в отработанную камеру: «Там что-то сверкает наверху». Расширив отверстие в потолке, мы и в самом деле увидели в трещинах крепкой породы множество кристаллов реальгара. Этот минерал требует особенно деликатного обращения. Он чрезвычайно непрочен и не выносит резкого энергетического — теплового или светового воздействия. Увы, нам не оставалось ничего другого, как расшатывать эти огромные глыбы и давать им обрушиваться. А вот препарировать их приходилось почти вслепую: стоило присмотреться к кристаллам в свете шахтерской лампочки, как они с треском разлетались на осколки.



5  
Реальгар, кристаллы до 2,5 см в аурипигменте. Рудник Лухуми



6  
Реальгар, кристалл длиной 1,4 см. Рудник Лухуми



7  
Аурипигмент, кристаллы шириной до 2 см. Рудник Лухуми



8  
Сферолиты аурипигмента, 7 x 4 x 4 см. Рудник Лухуми

Блоки с уцелевшими кристаллами мы накрывали своими штормовками и постепенно, в течение нескольких часов, переносили их все ближе к устью штольни, давая кристаллам «акклиматизироваться». Эти предосторожности спасли нам немало крупных образцов, достойных коллекций и музеев.

Кристаллы лухумского реальгара удивительно элегантно: насыщенный огненно-красный цвет и алмазный блеск гармонично сочетаются с прозрачностью и четкостью кристаллических форм (фото 6).

В другой раз нам удалось найти стенку с «продушинами», то есть полостями, давшими отличные образцы аурипигмента — друзы и сростки долообразных кристаллов (фото 7), сферолиты радиусом до 3—4 см (фото 8).

Лухумское месторождение открыто около ста лет назад. В Верхней Раче рассказывают, что аурипигмент случайно обнаружил один местный охотник («очень хороший охотник, лучший охотник в Грузии!»). В селе готовились к свадьбе, и ему заказали тура для свадебного стола. Целый день он бродил по горам, но добыть тура удалось только к вечеру. Стало уже темно, охотник устал и решил вернуться домой, а добычу забрать утром. А наутро возле тура сверкало золото... Не зря же минерал называли аурипигментом — «золотой краской».

Предание относит это событие к началу прошлого столетия; первое литературное упоминание о проявлении здесь минералов мышьяка появилось в 1919 году. В 1930 году сюда была направлена геологоразведочная партия, а спустя два года месторождение передали в эксплуатацию, не дожидаясь окончания разведочных работ.

Уже тогда количество мышьяковых руд, извлеченных попутно и накопленных в отвалах, превышало потребности народного хозяйства в мышьяке. Чем же объяснялась такая спешка в освоении этого далеко не самого перспективного месторождения? Лухумские аурипигменты и реальгары столь восхитили открывателей, что возникла идея разрабатывать месторождение на коммерческий коллекционный материал. Но главным было другое: мышьяк требовался для производства боевых отравляющих веществ. Впрочем, Лухумское месторождение внесло в эту гонку довольно скромный вклад; так, в 1936 году оно дало чуть больше 4% произведенного в СССР мышьяка.

С запрещением химического оружия потребность в мышьяке сократилась и в настоящее время удовлетворяется в основном за счет отходов от переработки руд цветных металлов. Однако с развитием микроэлектроники возникла нужда в небольших количествах очень чистого мышьяка, и тогда вспомнили об уникальной особенности лухумских мышьяковых минералов — чистоте их химического состава. Эксплуатировать месторождение оказалось выгоднее, чем тратиться на очистку мышьяка из других мест.





Художник А. Анно

Пишут, что...



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Метеориты падают чаще?

После того как мнение французской Академии наук о том, что «камни не падают с неба», было опровергнуто, исследователи стали находить все больше следов столкновения небесных странников с Землей. По мере накопления фактов о сопровождающих такие столкновения катастрофах к середине XX века сформировалось отдельное направление научной мысли: защита от астероидной опасности. Естественно, чтобы к следующему падению подойти во всеоружии, надо попытаться спрогнозировать, когда оно случится. Для этого, в частности, изучают статистику предыдущих падений. Изучение возрастов ударных кратеров на планете как будто показывает, что падения огромных метеоритов случаются периодически. Правда, период у разных исследователей варьирует от 13 до 50 млн. лет. Связать периодичность пытались и с прохождением Солнечной системы через рукава Галактики (тогда падают галактические кометы), и с пересечением плоскости Млечного Пути (тогда изменение гравитационных сил выбрасывает из облака Оорта кометы, и те падают на Землю), и даже с наличием у Солнца невидимого пока спутника — звезды Немезиды, движущейся по сильно эллиптической орбите (она тоже нарушает порядок в облаке Оорта). Проверить еще раз эти вычисления решил Корин Бейлер-Джонс, занимающийся статистическими расчетами в Институте астрономии общества Макса Планка («Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 06/2011, <http://esoads.eso.org/abs/2011arXiv1105.4100B>).

К имеющимся данным о возрасте ударных кратеров он применил другой статистический подход и нашел, что периодичность — фикция. На самом же деле в последние 250 млн. лет наблюдается постоянный рост числа столкновений, оставивших следы в виде кратеров диаметром более 5 км; всего таких событий было 180). С одной стороны, это может быть связано с тем, что более свежие кратеры лучше сохраняются. В пользу этой точки зрения свидетельствует тот факт, что частота возникновения огромных кратеров, более 35 км в диаметре, за последние 400 млн. лет не возросла. А с другой — на Луне, где нет эрозии и кратеры сохраняются отлично, тоже есть тенденция к увеличению частоты столкновений.

«Хорошо бы еще проверить, действительно ли столкновения с метеоритами становятся чаще. Но гипотезу существования Немезиды на основании моих вычислений, безусловно, можно отбросить», — считает исследователь.

С.Анофелес

...когда индекс цен на продовольствие ФАО (FPI) превышает 210, в мире возрастает вероятность беспорядков («New Scientist», 2011, № 2826, с. 4)...

...возможность искусственного внеземного происхождения сигнала «Wow!», зарегистрированного 15 августа 1976 года радионаблюдательной обсерваторией университета Огайо на длине волны 21 см, до сих пор не опровергнута («Земля и Вселенная», 2011, № 3, с. 3—23)...

...массивной атмосфере Венеры свойственна суперротация — вращение, значительно обгоняющее вращение твердого тела; например, точка на поверхности обигает планету за 243 земных суток, а точка в атмосфере на высоте около 700 км в низких широтах — примерно за 4—5 суток («Астрономический вестник», 2011, т. 45, № 3, с. 247—252)...

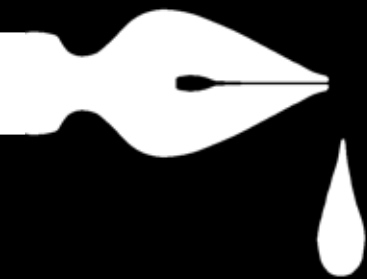
...причиной несхожести видимой и невидимой сторон Луны может быть столкновение с соседней лунной, диаметром 1000 км и массой в тридцать раз меньше, «отпечатки» этого события несет на себе обратная сторона Луны («Nature», 2011, т. 476, № 7358, с. 69—72)...

...у пациентов, больных СПИДом, при лечении антиретровирусными препаратами, содержащими аналоги нуклеозидов, накапливаются мутации в митохондриальной ДНК, что напоминает аналогичный процесс при старении («Nature Genetics», 2011, т. 43, № 8, с. 726—727, 806—810)...

...тасманийского дьявола привел на грань вымирания инфекционный рак; возможно, иммунный ответ на инфекцию не развивается из-за сниженного генетического разнообразия популяции («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2011, т. 108, № 30, с. 12348—12353)...

...клевцов можно научить выбирать любое множество, содержащее большее число элементов, при предъявлении разных пар множеств в диапазоне 1—10 («Зоологический журнал», 2011, т. 90, № 7, с. 784—802)...

...городские мальчики Нижегородской области в среднем выше и имеют больший вес, чем сельские; у сельских мальчиков-подростков отмечено замедленное развитие вторичных половых признаков;



они обгоняют городских сверстников лишь в мышечной силе кистей рук («Гигиена и санитария», 2011, № 4, с. 62—64)...

...обучение математике детей в возрасте 3—5 лет дает положительный эффект, который прослеживается годы спустя («Science», 2011, т. 333, № 6045, с. 968—970; тема номера — дошкольное образование)...

...по живописным портретам выявлены антропологические типы русского дворянства и купечества середины XVIII — начала XIX века («Вестник Московского университета. Серия XVI. Биология», 2011, № 2, с. 22—23)...

...древние египтяне при создании причесок использовали «гель» для волос, содержащий жирные кислоты, в частности пальмитиновую и стеариновую; укладки делали как живым людям, так и для защиты волос при бальзамировании («Journal of Archaeological Science», «Nature», онлайн-публикация от 19 августа 2011 года, doi:10.1038/news.2011.487)...

...возможно, движения крыльев сверчков при полете и при стрекотании управляются разными генераторами ритмов («Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 2011, т. 47, № 3, с. 252—254)...

...в «пожароопасном» июле 2010 года в Подмоскowie было уволено около 550 специалистов по лесному хозяйству; в Шатурском районе из 796 сотрудников, работавших в 2004 году, остались 62 человека, включая администрацию, дворников, уборщиц и сторожей («Экология и промышленность России», 2011, № 7, с.32—37)...

...правовая защита художественного фильма от прерывания рекламой возможна только в том случае, если фильм демонстрируется зрителю за плату («Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права», 2011, № 8, с. 19—25)...

...предложен проект корабельной тяги, работающей от энергии солнца и ветра («Изобретатель и рационализатор», 2011, № 6, с. 27)...

...изучение акустических сигналов декапированных птиц позволило определить, какую роль в генерации акустических сигналов играют морфологические структуры, находящиеся в голове («Успехи современной биологии», 2011, № 3, с. 311—319)...

Художник А.Анно



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Ведущая десятка революции

Сколько нужно людей, убежденных в своей идее, чтобы они перевернули все общество? Оказывается, достаточно десяти процентов от популяции. Правда, при условии, что эта популяция состоит из людей, интересующихся чужим мнением, а не отметающих его с порога. Такой вывод следует из работы, которая выполнена американскими исследователями из Реннселаровского университета во главе с Болеславом Шиманским на гранты, выделенные армией и ВМФ США («Physical Review E», ранняя публикация в Сети от 22 июля 2011 года).

В основе расчета лежало несколько моделей социальных сетей. В одной модели каждый ее участник мог общаться с каждым. В другой у некоторых круг общения был гораздо шире, чем у остальных, они были генераторами мнений. В третьей у всех было равное, не очень большое число возможных собеседников. Далее в модель вводили участников двух типов. Одни строго придерживались своего мнения и ни при каких обстоятельствах не отказывались от него. Другие же, а их было большинство, могли менять убеждения. Алгоритм был следующий: участник слышал мнение собеседника, если оно не совпадало с его собственным, то он обращался к двум другим собеседникам, и если хотя бы у одного из них мнение совпадало с первым, то участник менял свое.

Вот тогда-то и оказалось, что в любой модели, когда концентрация сторонников твердых убеждений превышала 10%, происходил своего рода фазовый переход — общество практически мгновенно присоединялось к их мнению. А при меньшем числе им не хватало и времени жизни Вселенной, чтобы убедить все сообщество. Убедить лишь своих соседей по сети оказывалось недостаточно, нужно было, чтобы эти ближайшие окружения перекрылись подобно системе озер в половодье, обеспечив эффект протекания идеи по всей сети.

«Нечто подобное мы видели этой весной на Ближнем Востоке, — говорит Болеслав Шиманский. — Диктаторы там правили десятилетиями, не испытывая особых проблем. Но вот появилась критическая масса недовольных, и режимы были сметены в одночасье».

Сейчас исследователи продолжают работать, рассматривая предпосылки революции в поляризованных обществах, в которых люди, придерживающиеся разных мнений, глухи к аргументам друг друга — как, например, американские демократы и республиканцы.

А. Мотыляев



# Рожденная в огне

**А.В.БАРМА**, Москва: *Порядок сбора и транспортировки ртутьсодержащих ламп до места утилизации регламентирует постановление правительства РФ от 03.09.2010 № 681; оно не предусматривает никаких исключений, и некоторые органы местного самоуправления уже осознали это; вам должны сообщить адрес приемного пункта.*

**М.В.СОЛОВЬЕВУ**, Красноярск: *Мерсеризация (по имени английского химика XIX века Джона Мерсера) — это и обработка целлюлозы раствором NaOH при производстве вискозного волокна, и обработка щелочью хлопчатобумажных текстильных материалов, придающая ему блеск и повышенную гигроскопичность.*

**С.К.КРАВЧЕНКО**, Санкт-Петербург: *«Шар с молниями», который иногда называют «плазменной лампой», и настоящая плазменная лампа — совершенно разные вещи: в первом светятся плазменные потоки в инертном газе между электродом и стенками шара, во второй — пары серы в аргоне, помещенные в запаянную колбу и возбуждаемые микроволновым излучением.*

**М.Л.БАБАКИНОЙ**, Дмитров: *Кокамидопропилбетаин — это поверхностно-активное вещество, которое считается более мягким, чем лауретсульфат натрия (SLES); его присутствие в составе геля для душа вполне уместно, но к бетаинам свеклы он имеет очень отдаленное отношение.*

**В.В.ИВАНОВОЙ**, Екатеринбург: *Гильоширование — сравнительно новый вид рукоделия, выполнение ажурного узора на ткани аппаратом для выжигания с тонкой иглой; для этой техники подходят не только синтетические ткани, но и шелк.*

**Н.Г.ЧЕРНЫХ**, Зеленогорск: *Есть разные мнения по поводу того, входит ли в состав хмели-сунели пажитник сенной или пажитник голубой, но более авторитетные источники свидетельствуют в пользу последнего.*

**СЕРГЕЮ**, электронная почта: *Мы тоже не могли сообразить, что такое «куинолин», пока не догадались переписать это слово латиницей; по-русски данное вещество называется «хинолин», и его действительно используют как растворитель, в том числе и при получении фуллеренов.*

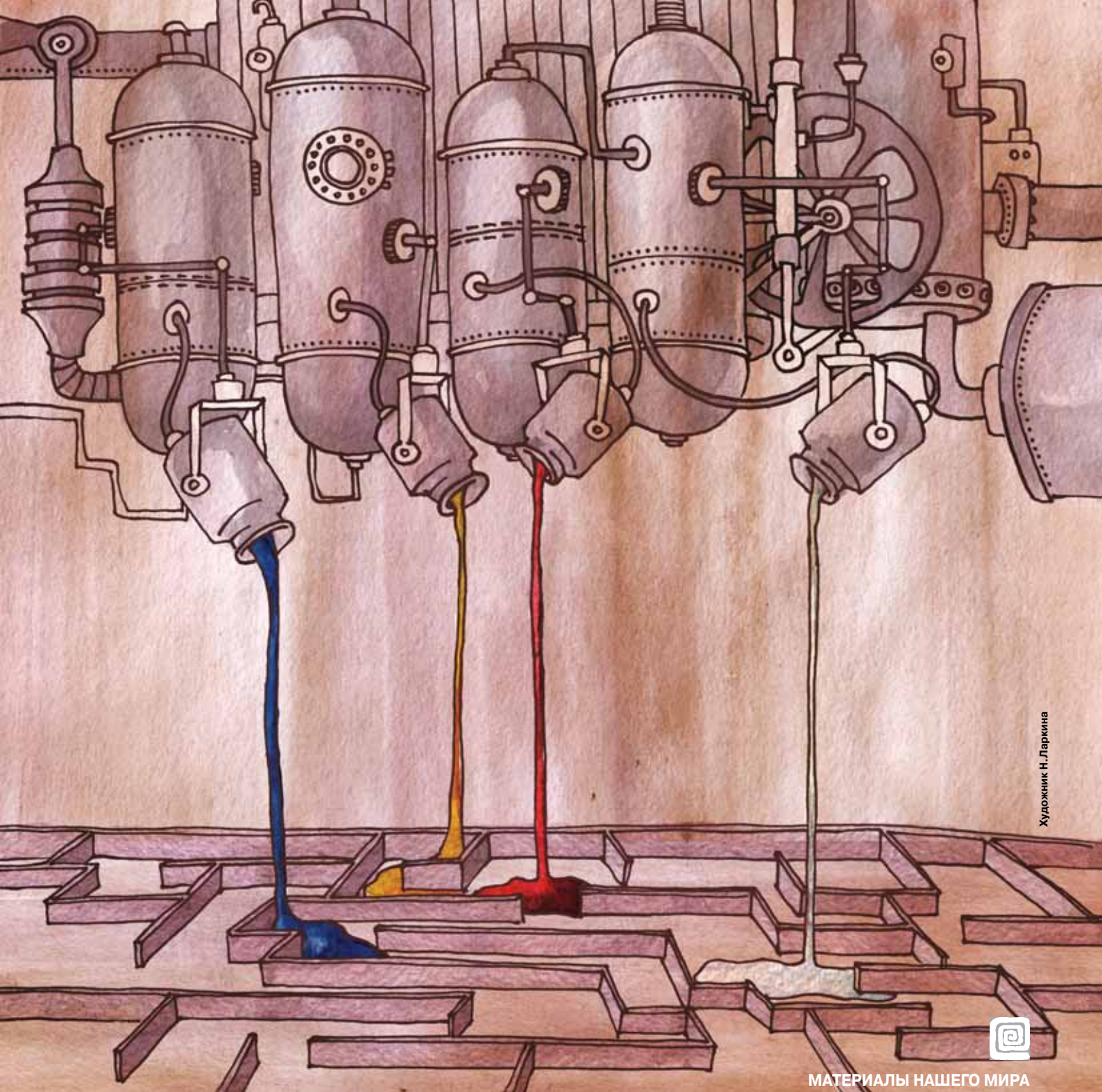
«**К**ак называется этот камень?» Молодая женщина с неподдельным восхищением склонилась над витриной, где за стеклом на темно-синем бархате лежала брошь, загадочно мерцающая льющимся изнутри небесно-голубым светом. Глубина, чистота и насыщенность цвета очаровывали. Но это не камень, а эмаль.

При слове «эмаль» сразу вспоминаются эмалированные кастрюли, чайники, миски с незатейливыми розово-голубыми цветочками. Эмалированная посуда, еще совсем недавно безраздельно царившая на кухне, теперь медленно, но верно вытесняется металлической, стеклянной, пластмассовой. Эмалированные ванны и раковины заменяют на современные акриловые и керамические, сделанные из мраморной или гранитной крошки. И только ювелирная художественная эмаль, рождающаяся в огне, объединяющая в себе два несовместимых на первый взгляд материала — металл и стекло, столетиями сохраняющая первозданную яркость красок, остается во все времена дорогой, изысканной, элитарной.

Эмаль (фр. email) — это прочное легкоплавкое стекло, которое в порошкообразном состоянии наносится на металлическую основу и сплавляется с нею при температуре около 900 С. Эмаль бывает прозрачной — бесцветной или цветной — и непрозрачной, как говорят, глухой. Состоит она из кремнезема, борного ангидрида и красителей — оксидов металлов. Оксид кобальта дает разные оттенки синего — от нежно-голубого до сине-черного. Оксид меди — зеленого, от бирюзового до изумрудного. Бесцветная прозрачная эмаль получается при добавлении оксида свинца — свинцового сурика. Если нужен оттенок красного — от бледно-розового до пурпурного, — используют оксид кадмия и соединения золота. Белый цвет, от холодно-снежного до тепло-молочного, дают оксиды цинка и олова. В качестве основы берут красную медь, высокопробные серебро и золото, иногда алюминий — металлы, температура плавления которых выше температуры обжига эмали. Медь и ее сплавы тускнеют при обжиге за счет образования оксидной пленки, поэтому их обычно покрывают непрозрачной глухой эмалью. Она называется «опаковой» и всегда имеет глубокий сочный цвет. Прозрачную эмаль наносят на золото и серебро. Сквозь ее тонкий слой благородный металл светится особенно ярко и выразительно. Собственный чистый блеск эмали, играющий, переливающийся в зависимости от угла зрения, дополнительно насыщает цвет металла и создает эффект свечения изнутри. Частично прозрачные, нежно-молочного цвета эмали называются опаловыми.

Эмалевое покрытие не только красиво, оно защищает металл от коррозии и воздействия агрессивных сред — кислот, щелочей, морской воды. По прочности, твердости и долговечности эмаль не знает себе равных — украшения с эмалью, многие сотни лет пролежавшие в земле и найденные при археологических раскопках, сохраняют блеск, цвет и яркость, которые придали им древние мастера.

Эмаль наносят на металл разными способами. Самый простой — выемчатая эмаль, когда в металле делают выемку-углубление. Ее заполняют эмалью и обжигают. Сложнее — перегородчатая эмаль. На золотой, медной или серебряной пластине намечают контур рисунка или орнамента. Точно по нему припаивают тоненькие ленты-полоски того же металла, толщиной не более одного миллиметра. Получившиеся перегородки образуют открытые и замкнутые ячейки, похожие на детскую мозаику. Их доверху наполняют эмалью разных цветов. После обжига поверхность выравнивают полировкой и шлифованием, и перегородки становятся незаметными. Получается разноцветный узор,



Художник Н. Ларкина



МАТЕРИАЛЫ НАШЕГО МИРА

сверкающий ярче натуральных камней, с четкими контурными линиями.

В России перегородчатая эмаль исполнялась по филиграни (лат. *filum* — вить, *granum* — зерно) или, что то же самое, по скани (от древнерусского «съкати», означающего «скручивать, свивать»). Сканию называется скрученная проволока, узоры из которой выглядят легко, воздушно, оригинально. Часто скань украшали зернью — изящными золотыми или серебряными бусинами. После обжига эмаль не

шлифовали, чтобы не повредить верхний край скани. Русская эмаль по филиграни уникальна. Она выглядит необычайно эффектно и самобытно: золото или серебро, обрамленное ажурным узором, просвечивает сквозь блестящую многоцветную прозрачную эмаль. Кольца, серьги, браслеты, шкатулки, флаконы, коробочки для пудры и румян, украшенные эмалью, были и остаются предметами роскоши.

Термин «эмаль» до XIX века в России не употреблялся. Он появился, когда техни-

ческой эмалью начали покрывать чугун и листовую сталь для защиты от коррозии. До того эмаль называлась греческим словом «финифть».

Вершина искусства художественной эмали — сплошная расписная живописная эмаль, то есть рисунок-миниатюра, выполненный эмалью на металле и закрепленный обжигом. Но об этом в следующей раз.

**М. Демина**

16-я международная выставка  
химической промышленности и науки

24–27 октября

**Х И М И Я**



UFI  
Approved  
Event



**2011**

Центральный  
выставочный  
комплекс  
«Экспоцентр»  
Россия, Москва

Организатор:

**ЗАО «Экспоцентр»**

При содействии:

**ОАО «НИИТЭХИМ»**

При поддержке:

- Министерства промышленности  
и торговли РФ

- Российского Союза химиков

- РХО им. Менделеева

ЗАО «Экспоцентр»

123100, Россия, Москва,

Краснопресненская наб., 14

Тел.: (499) 795-37-94, 795-39-99

E-mail: [chemica@expocentr.ru](mailto:chemica@expocentr.ru)

[www.chemistry-expo.ru](http://www.chemistry-expo.ru)



**ЭКСПОЦЕНТР**

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ  
МОСКВА

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >