

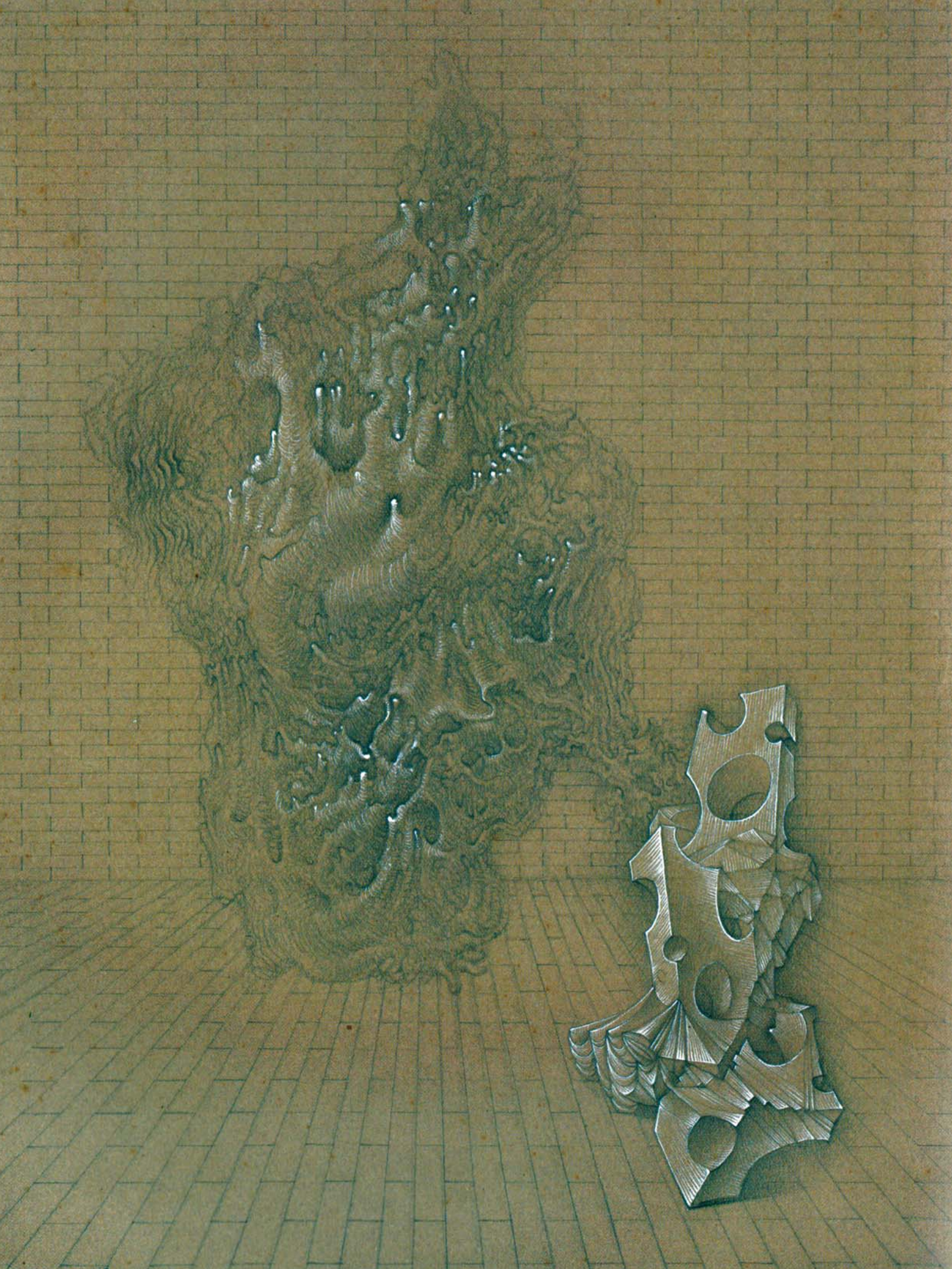


К

1  
2013

НЗЖ И ВММХ







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 26.12.2012

**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*

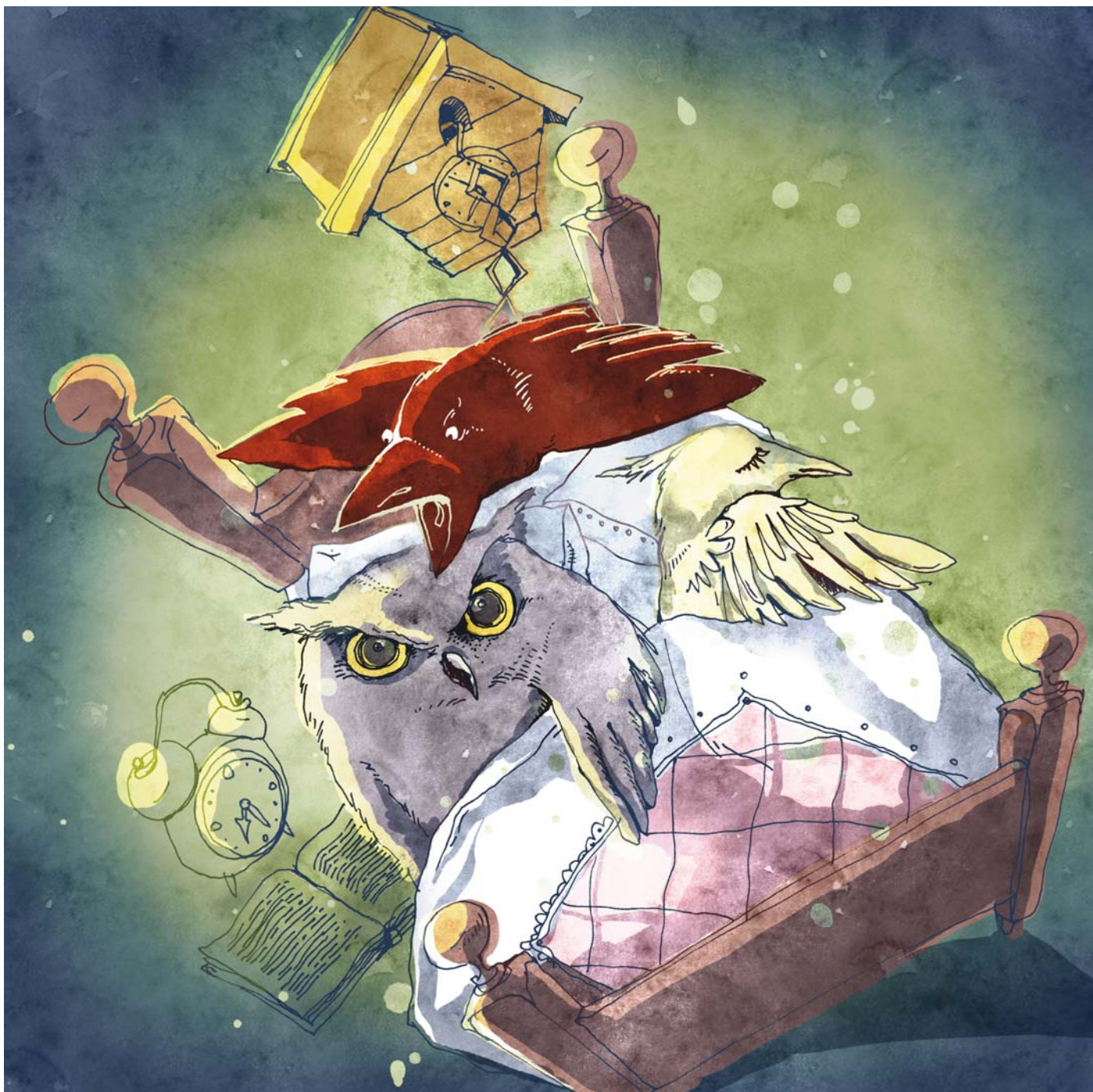
*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Ганса Белмера «Формы».  
Как извлечь газ из сланцев, выгодное  
ли это дело и что оно сулит  
человечеству? Читайте об этом  
в статье С.М.Комарова «Газ XXI  
века?»*

*Курица — не птица,  
логарифм — не бесконечность.*

*Л.Д.Ландау*

# Содержание

<b>Проблемы и методы науки</b>			
ЧАСОВЫЕ ПОЯСА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ХРОНОБИОЛОГИИ. М.Ф.Борисенков .....	2		
<b>Фотоинформация</b>			
ДЕТАЛИ МИРА. Л.Стрельникова .....	8		
<b>Проблемы и методы науки</b>			
АНТОЦИАНЫ: СЕКРЕТЫ ЦВЕТА.О.Ю.Шоева .....	12		
<b>Ресурсы</b>			
ГАЗ XXI ВЕКА? С.М.Комаров .....	20		
<b>Тематический поиск</b>			
ТОПЛИВО ИЗ ОПИЛОК И ЦВЕТУЩЕЙ ВОДЫ. Е.Котина, Е.Сутоцкая .....	26		
<b>Дискуссии</b>			
ФОРМАТИРОВАНИЕ МОЗГА. В.Благутина .....	28		
<b>Интервью</b>			
ВСЕ НАЧИНАЕТСЯ С МУЛЬТИКОВ. Е.О.Смирнова .....	32		
<b>Биогенез</b>			
ЭЛЕМЕНТЫ ЖИЗНИ: ПОЧЕМУ НЕ КРЕМНИЙ И НЕ ФТОР. М.А.Никитин.....	34		
<b>Элемент №...</b>			
ПРАЗЕОДИМ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев .....	36		
<b>Радости жизни</b>			
ОДИН ШАРИК И ТРИДЦАТЬ СЕМЬ ЯЧЕЕК. С.Анофелес.....	38		
<b>Нанофантастика</b>			
СВОБОДА ВОЛИ. Илья Мирмов .....	41		
<b>Гипотезы</b>			
ПРОКЛЯТЬЕ ЖЕВОДАНА. А.С.Ермаков .....	42		
<b>Другие вещи</b>			
БАТИК, ПРЕКРАСНОЕ ДИТЯ ВОСКА И КРАСКИ. М.Демина .....	48		
<b>Что мы едим</b>			
ПРЯНИКИ. Н.Ручкина.....	54		
<b>Фантастика</b>			
ДУХ МАРСА. Сергей Васильев .....	56		
<b>Прогулки по истории химии</b>			
АТОМИСТИКА ДРЕВНИХ. И.А.Леенсон .....	64		
<b>ИНФОРМАЦИЯ</b>	53	<b>КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ</b>	62
<b>В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ</b>	18	<b>ПИШУТ, ЧТО...</b>	62
<b>КНИГИ</b>	61	<b>ПЕРЕПИСКА</b>	64



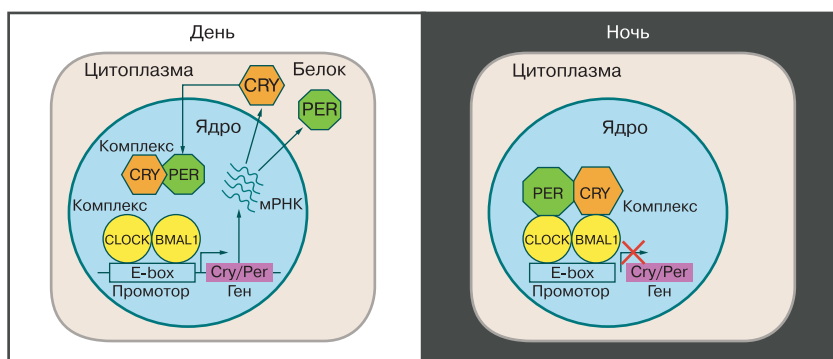
# Часовые пояса с точки зрения хронобиологии

Доктор  
биологических наук  
**М.Ф.Борисенков,**  
старший научный сотрудник  
Института физиологии  
Коми научного центра УрО РАН

*Но самое мерзкое — мучительные пробуждения по утрам, вскоре после того, как наконец удалось заснуть. По этой причине я сперва возненавидел детский сад, а потом и школу. Правда, целых два года мне довелось учиться во вторую смену. Эти два года я был почти отличником. Больше я отличником не был никогда — до встречи с сэром Джужфином Халли, конечно.*

Макс Фрай

Предпосылкой к проведению исследований, о которых будет рассказано в этой статье, послужили слова Д.А.Медведева из послания Президента РФ Федеральному собранию от 12 ноября 2009 года: «Кстати, о часовых поясах. Мы традиционно привыкли гордиться их количеством, потому что это казалось нам яркой иллюстрацией величия нашей Родины. Это действительно так. Но задумывались ли мы когда-нибудь по-серьезному о том, насколько столь дробное деление по-



**1**  
**Молекулярные часы человека.** Днем комплекс CLOCK/BMAL1 связывается с промотором часовых генов *Cry* и *Per*, активирует их экспрессию, в цитоплазме клеток повышается содержание белков CRY и PER, они перемещаются в ядро и образуют комплексы CRY/PER. Ночью их концентрация в ядре возрастает, они образуют комплексы с CLOCK/BMAL1 и подавляют экспрессию часовых генов. В результате содержание белков CRY и PER в цитоплазме снижается.

звоняет эффективно управлять нашей страной, не приводит ли к использованию слишком дорогих технологий? Примеры других стран (Соединенных Штатов Америки и Китая) показывают, что можно обходиться и меньшей разницей во времени. Это большие страны. Нужно рассмотреть возможность сокращения количества часовых поясов. Конечно, надо просчитать все последствия такого решения. ...Я надеюсь, что специалисты дадут нам объективный, подчеркиваю, объективный ответ на эти вопросы».

Как мы помним, за словами последовали и действия, начался процесс слияния часовых поясов, хотя мнение всех специалистов по этому вопросу никто и не подумал учитывать. Для того чтобы выяснить, к каким последствиям для самочувствия и здоровья человека может привести это решение, автор проанализировал литературные данные и провел собственные исследования.

## Деление времени

Примерно сто лет назад люди жили по солнечным часам. В то время, в отличие от нынешней ситуации, солнце для любого жителя Земли в полдень находилось строго в зените. В 1879 году канадский инженер-железнодорожник Сэндфорд Флеминг предложил повсеместно ввести поясное время. В 1884 году на Международной меридианной конференции в Вашингтоне была принята система стандартного поясного времени. Земной шар разделили на 24 часовых пояса равной ширины — 15 градусов долготы. В рамках часового пояса действует единое локальное время. При переходе через границу часового пояса время мгновенно изменяется на один час. За точку отсчета приняли Гринвичский меридиан, отмеченный как нулевой (UTC0). Солнечное время на Гринвичском меридиане было принято называть всемирным временем, сейчас его используют в астрономии, телекоммуникации, космической навигации. Порядковые номера часовых поясов увеличиваются с запада на восток. Однако впоследствии для удобства исчисления времени границы часовых поясов стали проводить не строго по меридианам, а по границам территориальных образований — стран, областей и т. п.

Повсеместное введение поясного времени завершилось к 1929 году. Оно было необходимо для оптимизации работы транспортной системы и в первую очередь железнодорожного транспорта. В некоторых странах, например в Индии и Австралии, вместо часовых поясов стандартного размера ввели дробные, получасовые зоны. Испания и Франция живут по времени первого часового пояса (UTC+1), хотя территориально расположены ближе к UTC0. Все население Китая

живет по пекинскому времени (UTC+8), хотя территория Китая простирается более чем на 60 градусов долготы.

В России систему поясного времени ввели в 1919 году. Первоначально Российская Федерация была поделена на 11 часовых поясов. Когда в Москве было пятнадцать часов, в Петропавловске-Камчатском наступала полночь. На территории Европейской части России было два часовых пояса. Москва относилась к UTC+2. С тех пор границы часовых поясов в России много раз менялись, и в настоящее время нашу страну разделили на девять часовых поясов. Население большинства областей Европейской части России живет по московскому времени (UTC+3). В 2011 году часы в последний раз перевели на «летнее время», что фактически сдвинуло Европейскую часть России в часовой пояс UTC+4 (о физиологических последствиях этого решения «Химия и жизнь» писала в апрельском номере 2011 года). Размер этого часового пояса на территории России составляет 30 градусов, то есть он в два раза больше стандартной величины.

Судя по высказываниям чиновников, можно предположить, что нам еще предстоит преобразования часовых поясов. Некоторые «специалисты» полагают, что нужно сократить их число до четырех. Реформаторы обосновывают необходимость перемен экономическими, социальными и даже политическими причинами, но при этом не принимают во внимание то, как эти решения влияют на самочувствие и здоровье человека. Хотелось бы высказать свое мнение о физиологических последствиях подобных реформ.

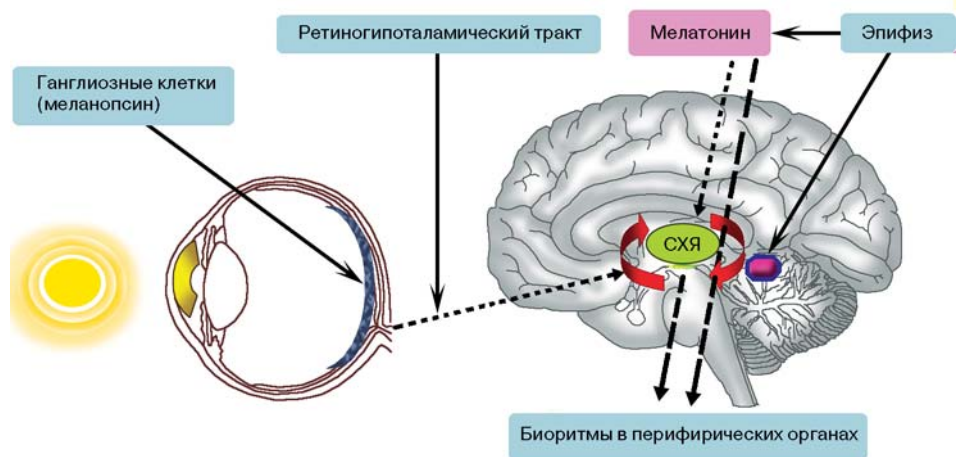
## Жизнь по разным часам

Прежде чем приступать к обсуждению основного вопроса, необходимо договориться о терминологии. Есть *солнечное время* — суточный и сезонный ритм освещенности Земли, обусловленный вращением нашей планеты вокруг своей оси и вокруг Солнца соответственно. *Социальное время* — система отсчета времени, принятая в данном обществе. Обычно люди выделяют суточный, недельный и годовой ритмы. В строгом соответствии с социальным временем организуют свою работу учреждения и учебные заведения, общественный транспорт и т. д. 24-часовой и 12-месячный ритмы социального времени практически точно совпадают с суточным и сезонным ритмами солнечного времени. *Биологическое время* — ритмичность процессов, которые протекают в организме всех живых существ, обитающих на поверхности Земли. Биологическое время изучает специальная отрасль науки о живом — хронобиология. Современные хронобиологи выделяют два основных ритма: околосоуточный (циркадианный) и сезонный. Более длительные отрезки биологического времени, определяющие биологический возраст, мы сейчас не рассматриваем, их изучает другая дисциплина, геронтология. Околосуточный ритм характерен практически для всех существ за редким исключением, например жителей морских глубин и животных, постоянно обитающих в пещерах. Сезонный ритм

### Циркадианная система человека.

Ганглиозные клетки сетчатки глаза содержат особый пигмент меланопсин, реагирующий на изменение освещенности во время восхода солнца. Электрическая активность ганглиозных клеток повышается, и сигнал от них поступает по ретиногипоталамическому тракту в супрахиазматические ядра (СХЯ) гипоталамуса, синхронизируя суточный ритм их электрической активности. От СХЯ по волокнам симпатической нервной системы сигнал передается в эпифиз, регулируя суточный ритм биосинтеза мелатонина.

Нейрогормональные сигналы от СХЯ и эпифиза поступают в периферические органы, синхронизируя суточные ритмы их активности



чаще наблюдается у видов животных, населяющих высокие широты Земли.

В последнее время исследователи достигли больших успехов в изучении работы биологических часов. Они установили, что в процессе эволюции у всех живых существ, от микроорганизмов до человека, выработался генетически закрепленный механизм, предназначенный для отсчета околосуточных ритмов. Это один из древнейших механизмов, который играет чрезвычайно важную роль в адаптации к жизни на Земле. В специальной литературе есть множество примеров, указывающих на важную адаптивную роль биологических часов. Приведу лишь один из них: клетки животных и растений во время деления (митоза) очень чувствительны к действию внешних факторов, в частности к ультрафиолетовому излучению, поэтому пик митозов в большинстве тканей приходится на темное время суток.

Для дальнейшего обсуждения важно отметить, что период циркадианных ритмов не равен в точности 24 часам. Почему природа создала часы, которые отсчитывают биологические сутки приблизительно, хронобиологи до сих пор не выяснили. Но из этого свойства циркадианной системы следует, что биоритмы организма вынуждены постоянно подстраиваться к суточным ритмам изменений окружающей среды. Для настройки циркадианная система использует различные внешние факторы, но важнейшим синхронизирующим сигналом для нее служит световой режим и в первую очередь время восхода Солнца.

## Внутренний отсчет

Все вышесказанное в полной мере относится к человеку. Рассмотрим вкратце, как устроена его циркадианная система. («Химия и жизнь» подробно разбирала устройство циркадианной системы дрозофилы в июньском номере 2011г.; у млекопитающих она очень похожа, однако некоторые гены и белки имеют другие названия.)

Все клетки организма содержат молекулярные часы, механизм которых состоит из часовых генов и их белковых продуктов (рис. 1). Элементы молекулярных часов образуют единый механизм благодаря наличию прямых и обратных связей между ними. Белки CLOCK и BMAL1, образуя комплекс в цитоплазме клетки, перемещаются в ядро и активируют гены *Per1*, *Per2*, *Cry1* и *Cry2*. Пик активности комплекса CLOCK/BMAL1, стимулирующей транскрипцию часовых генов, приходится на дневное время. Белки CRY1/2 и PER1/2 образуют комплексы и перемещаются в ядро, где подавляют активность комплекса CLOCK/BMAL1 и, следовательно, экспрессию генов *Cry1/2* и *Per1/2*. Пик активности комплексов CRY1/2 и PER1/2, ингибирующей транскрипцию часовых генов, приходится на ночное время. В результате снижается уровень мРНК и белковых продуктов *Cry1/2* и *Per1/2*. Снижение уровня белков PER и

CRY восстанавливает активность комплекса CLOCK/BMAL1 и таким образом запускает новый цикл часового механизма с периодичностью около 24 часов.

Молекулярные часы обладают относительной автономностью, они могут поддерживать ритм активности в течение нескольких суток и даже недель в условиях полной изоляции (например, при длительном пребывании человека в пещере), однако при этом часто происходит рассогласование фазы ритмов в отдельных клетках и органах. Это состояние в хронобиологии получило название «десинхроноз». Чтобы избежать десинхроноза, часы в периферических органах должны получать синхронизирующий сигнал от центральных часов.

Центральные часы у человека расположены в головном мозге и состоят из двух основных элементов: супрахиазматических ядер (СХЯ) гипоталамуса и эпифиза (рис. 2). СХЯ обладают способностью поддерживать автономный околосуточный ритм электрической активности, а также навязывать этот ритм клеточным часам, расположенным в других органах, в том числе в эпифизе, через многочисленные нервные связи. Эпифиз в темное время суток вырабатывает мелатонин, который осуществляет гормональную регуляцию клеточных часов в периферических органах. Центральные часы синхронизируют свой ритм с ритмом освещенности окружающей среды.

Изменение освещенности фиксируют ганглиозные клетки сетчатки глаза, содержащие пигмент меланопсин. Это единственная их задача, в восприятии зрительных образов ганглиозные клетки не участвуют. При постоянной темноте и постоянном освещении их активность невысока, они наиболее чувствительны к восходу Солнца. Информация о времени восхода от ганглиозных клеток поступает в СХЯ по ретиногипоталамическому тракту.

Нарушение функции циркадианной системы может быть вызвано воздействием как внутренних, так и внешних факторов, например неадекватным световым режимом окружающей среды (сменный режим труда, частые перелеты через несколько часовых поясов, длительное проживание в высоких широтах Земли). Десинхроноз часто, но не всегда наблюдается в старости, а также при онкологических, сердечно-сосудистых и некоторых других возрастных заболеваниях.

В условиях эксперимента удавалось показать, что десинхроноз не только сопутствует онкологическим заболеваниям, но и вызывает их. (См. об этом также «Химию и жизнь», 2011, № 12.) Французские и британские исследователи под руководством Элизабет Филипски («Cancer Research», 2004, 64, 7879—7885) провели эксперименты, в которых изучали влияние хронического джетлага (смещения суточного ритма) на темпы опухолевого процесса у мышей. Ученые каждые два дня смещали светлый период суток на восемь часов вперед (например, в первые дни в помещении, где находились мыши,



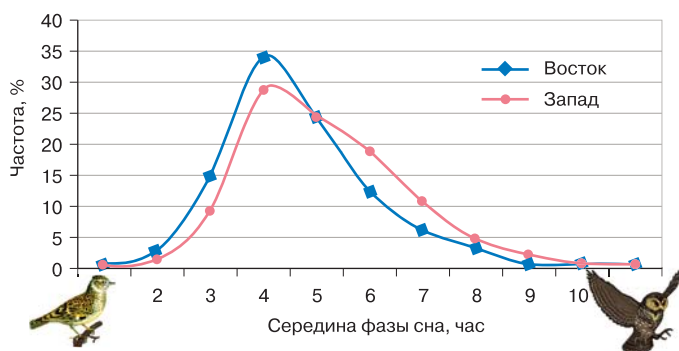
3  
Северная часть третьего часового пояса

свет включали в 8 часов утра и выключали в 20 часов вечера, затем в 16 часов дня и 4 часа ночи, соответственно и т. д.). Эксперимент продолжался десять дней. Оказалось, что скорость роста остеосаркомы достоверно выше у животных, находившихся в условиях хронического джетлага. Специалисты из нескольких исследовательских центров Техаса (PLoS ONE 2010 5(6): e10995) вызывали десинхроноз у мутантных мышей с отдельными «выключенными» часовыми генами, помещая их в условия хронического джетлага. В отличие от Элизабет Филипски, они смещали режим освещения мышей на восемь часов вперед, а затем на восемь часов назад каждые три дня. Ученые обнаружили, что нарушение функции циркадианной системы повышает частоту образования у животных спонтанных опухолей и сокращает продолжительность жизни.

## Люди-птицы

Циркадианная система человека имеет индивидуальные отличия. Наиболее ярким их проявлением служит хронотип. Он бывает ранним («жаворонки»), промежуточным («голуби») и поздним («совы»). Люди, относящиеся к раннему хронотипу, ложатся спать и просыпаются в среднем на два часа раньше «сов» и достигают пика интеллектуальной и физической активности в первой половине дня. У людей, относящихся к позднему хронотипу, максимум умственной и физической работоспособности приходится на вторую половину дня. Среди мужчин и двадцатилетней молодежи преобладают «совы», а дети и пожилые люди чаще «жаворонки».

Хронотипы людей исследуют с помощью тестов. Самый известный на сегодняшний день — тест Хорна — Остберга, он позволяет определять время сна и бодрствования, пси-



4  
Влияние долготы места проживания на хронотип 11–18-летних детей и подростков. Середину фазы сна определяли с помощью теста МСТQ. Середина фазы сна у детей и подростков, проживающих вблизи западной границы третьего часового пояса, наступает на 46,3 мин позже, чем у их сверстников, проживающих вблизи восточной границы часового пояса

хологически (именно психологически) удобное для человека. Людей просят ответить, в какое время они предпочли бы лечь спать и встать, заниматься умственной и физической работой, легко ли им обходиться без будильника, как они себя чувствуют по утрам и вечерам и т. п. Недостаток теста заключается в том, что с его помощью можно оценить фазы ритма сна-бодрствования только качественно. Согласно результатам, полученным с помощью теста Хорна — Остберга, примерно по 20% людей относятся к «жаворонкам» и «совам», остальные 60% — «голуби».

В 2003 году немецкие исследователи под руководством профессора Тила Рённеберга из Института медицинской психологии Мюнхенского университета Людвиг Максимилиана разработали Мюнхенский тест для оценки хронотипа (MCTQ). Испытуемых просят ответить, какой у них график работы, во сколько они ложатся и встают в выходные и будние дни, сколько времени бодрствуют в постели, перед тем как заснуть, и сразу ли встают, пробудившись; нужен ли им будильник, принимают ли они снотворное, сколько времени они проводят на улице под действием дневного света. Обработав полученные результаты, исследователи определяют середину фазы сна в цикле «бодрствование — сон» и на основе этого показателя оценивают хронотип количественно.

Чем больше час, на который приходится середина фазы сна, тем «позднее» хронотип. Например, если середина фазы сна у человека наступает в час-два ночи, перед нами ярко выраженный «жаворонок», а если в восемь-девять часов утра, то «сова». Разработчики теста накопили обширную базу данных, более 70 тысяч заполненных анкет, и показали, что результаты их тестирования очень хорошо согласуются с данными, полученными с помощью теста Хорна — Остберга. В отличие от него, MCTQ отражает важное свойство циркадианной системы человека — отсутствие четких границ между ранним, промежуточным и поздним хронотипами. Кроме того, новый тест позволяет точнее оценивать влияние внутренних и внешних факторов, в том числе дневного света, на состояние циркадианной системы человека.

Немецкие хронобиологи получили с помощью теста MCTQ несколько неожиданных результатов. Так, в современном обществе человек, как правило, живет не по Солнцу и в большей степени вынужден адаптироваться к ритмам социальной жизни. Тем не менее оказалось, что время восхода Солнца по-прежнему служит главным синхронизирующим сигналом для циркадианной системы человека. Исследователи рассуждали следующим образом. Люди в границах одного часового пояса живут по единому поясному (социальному) времени. Вблизи восточной границы часового пояса стандартного размера солнце восходит на один час раньше, чем вблизи западной его границы. По этой причине в рамках одного часового пояса солнечное и социальное время различаются. Если основным синхронизирующим сигналом для циркадианной системы человека служат социальные ритмы, то распределение хронотипов в границах одного часового пояса будет равномерным. Если же работу циркадианной системы человека регулирует солнечный свет, то вблизи западной границ часового пояса, где Солнце восходит на час позже, чем вблизи восточной, должно быть больше «сов». Так и оказалось: среди населения, проживающего вблизи западной границы второго часового пояса, преобладают «совы», а вблизи восточной — «жаворонки». Восточно-западный градиент фазы ритма сна-бодрствования по данным авторов составил 36 минут. Следовательно, циркадианная система в самом деле управляется солнцем, а не социальными факторами.

Взяв на вооружение разработанный немецкими коллегами тест MCTQ, мы провели аналогичное исследование в границах третьего часового пояса на территории Европейского севера России. Мы хотели ответить на два вопроса: что произойдет с циркадианной системой человека при длительном прожи-

вании в границах часового пояса, размер которого в два раза больше стандартного, и как функционирует циркадианная система у людей, проживающих на севере, где летом белые ночи, а зимой солнце практически не показывается.

В исследовании приняли добровольное анонимное участие около 3000 учеников 5—11-х классов средних школ из пяти городов (рис. 3). В анкете, которую школьники заполняли в классе, без участия родителей, они указывали, помимо ответов на стандартные вопросы теста, срок проживания на данной территории.

Сыктывкар, Инта и Воркута расположены вблизи восточной границы третьего часового пояса, а Петрозаводск и Апатиты — у западной его границы. Апатиты и Воркута находятся за полярным кругом, Инта — вблизи полярного круга, Сыктывкар и Петрозаводск южнее. Сравнивая данные школьников из этих городов, мы могли исследовать влияние широты и долготы места проживания внутри одного часового пояса на хронотип.

На хронотип человека могут влиять разные факторы, поэтому в работе мы использовали метод множественного линейного регрессионного анализа, который позволяет вычленить влияние географических координат места проживания. Мы обнаружили, что в городах, расположенных вблизи западной границы часового пояса, чаще встречаются дети с поздним хронотипом (рис. 4). Восточно-западный градиент фазы ритма сна-бодрствования в нашем исследовании составил 46,3 минуты. «Совы» также чаще встречаются среди жителей более высоких широт.

Таким образом, наши данные о влиянии долготы проживания в часовом поясе на хронотип человека совпали с результатами немецких коллег. Более того, сравнивая результаты этих двух исследований, мы отметили, что восточно-западный градиент распределения хронотипов прямо пропорционален размеру часового пояса, то есть чем шире пояс, тем больше доля «сов» у западной его границы. Эти результаты еще раз показали, что основным синхронизирующим сигналом циркадианной системы человека служит время восхода Солнца.

Сложнее было объяснить, почему увеличивается доля лиц с поздним хронотипом по мере продвижения на север. С точки зрения хронобиологии преобладание «сов» среди северян можно объяснить тем, что северяне живут в условиях постоянно изменяющегося в течение года светового режима. В полярный день и в полярную ночь циркадианная система не получает своевременного внешнего синхронизирующего сигнала и поэтому переходит на автономный режим функционирования. А поскольку у большинства людей период эндогенного ритма больше 24 часов, вступает в действие одно из правил хронобиологии: чем больше период эндогенного

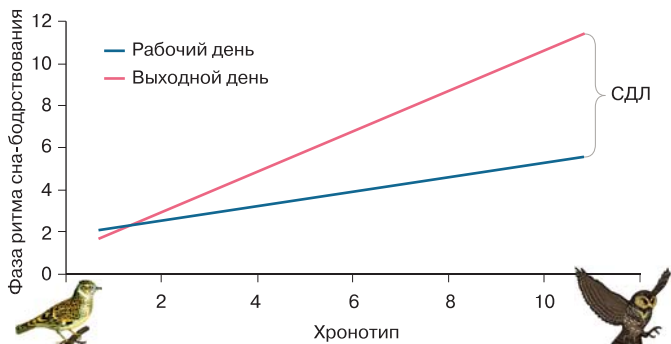
ритма, тем более поздний у человека хронотип в условиях изоляции от внешних синхронизирующих сигналов. Внешне это и проявляется в преобладании «сов» среди северян. Скорее всего, это форма адаптации циркадианной системы человека к функционированию в условиях слабого внешнего синхронизирующего сигнала. Однако следует принять во внимание, что адаптация к климатическим факторам севера не всегда дает преимущества в адаптации к условиям социальной среды.

## Хронотипы и социальная жизнь

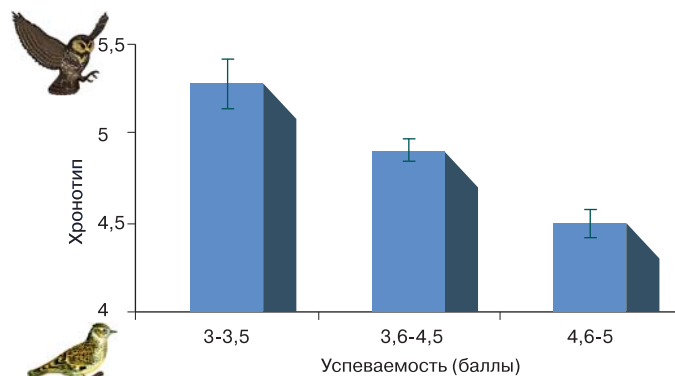
Настало время поговорить о том, как взаимосвязь социальных, солнечных и биологических часов влияет на самочувствие и здоровье людей. В хронобиологии накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о том, что самочувствие и здоровье человека напрямую связаны с особенностями функционирования его циркадианной системы.

Лица с поздним хронотипом хуже адаптируются к жизни в социальной среде. Ярче всего это проявляется, когда дети поступают в школу и вынуждены приспосабливаться к режиму ее работы. Ученики-«жаворонки» рано ложатся спать вечером, рано просыпаются утром и поэтому приходят в школу полностью готовыми к восприятию новой информации. Им требуется меньше времени для подготовки домашних занятий и остается больше свободного времени для общения со сверстниками. Их режим сна и бодрствования в учебные и выходные дни одинаков. И напротив, дети и подростки, относящиеся к позднему хронотипу, во время учебной недели постоянно недосыпают. В соответствии со своими биологическими часами они ложатся спать поздно, но вынуждены вставать рано утром, чтобы не опоздать на занятия. Пик интеллектуальной активности у них наступает лишь во второй половине дня, поэтому на первых уроках они с трудом воспринимают новую информацию и вынуждены больше заниматься дома. Накопленный в течение учебной недели долг сна дети и подростки с поздним хронотипом компенсируют, дольше отсыпаясь в выходные. В результате у «сов» середина фазы сна в учебные и выходные дни существенно различается (рис. 5). Эта нестабильность фазы ритма сна-бодрствования представляет собой одну из форм десинхроноза, который в хронобиологии получил название «социальный джетлаг» (СДЛ).

Образно выражаясь, смысл СДЛ заключается в том, что «сова» в конце учебной недели «совершает перелет» через несколько часовых поясов, количество которых соответствует величине СДЛ, то есть количеству недоспанных за учебную неделю часов. У крайнего варианта на рис. 5 СДЛ равен пяти часам, что соответствует расстоянию от Москвы до Иркутска. А затем, в начале новой учебной недели, школьник-«сова» возвращается назад («Физиология человека», 2010, 36, 117—122).



5 *Влияние режима на ритм сна-бодрствования у детей и подростков с разным хронотипом. У «жаворонков» фаза ритма сна-бодрствования не изменяется в течение календарной недели, тогда как у «сов» в выходной день она смещается на позднее время по сравнению с учебными днями. Нестабильность фазы сна в течение календарной недели представляет собой форму десинхроноза, получившего название «социальный джетлаг» (СДЛ)*



6 *Зависимость успеваемости школьников и студентов от хронотипа. Средний балл за предыдущую четверть (сессию) у «жаворонков» достоверно выше, чем у «сов»*





Термин «джетлаг» хорошо известен людям, которые часто совершают длительные перелеты. В первые дни после перелета через несколько часовых поясов человек быстро утомляется, испытывает вялость, ухудшение внимания, снижение аппетита и другие симптомы, вызванные рассогласованием между солнечными и биологическими часами. В отличие от реальных перелетов, которые обычному человеку предстоят лишь несколько раз в году, «совы» совершают свои «полеты во сне» каждую неделю. И, несмотря на то, что это всего лишь воображаемые полеты, их последствия для самочувствия и даже здоровья — вполне ощутимые.

В многочисленных исследованиях было показано, что школьники и студенты, относящиеся к позднему хронотипу, учатся хуже, чем их сверстники с промежуточным и ранним хронотипом (рис. 6). При этом важно подчеркнуть, что уровень интеллекта у лиц с поздним хронотипом не ниже, а даже выше, чем у остальных хронотипов, о чем свидетельствуют специальные исследования психологов. Причина низкой успеваемости «сов» заключается в том, что они не способны синхронизировать работу своих биологических часов с социальными ритмами.

Немецкая исследовательница Силке Зондермайер (Медицинский факультет Мюнхенского университета Людвиг Максимилиана) в своей диссертационной работе, выполненной под руководством Тиля Рённеберга, показала, что среди школьников, проживающих вблизи западной границы второго часового пояса, травматизм из-за дорожно-транспортных происшествий в ранние утренние часы значительно выше, чем у их сверстников вблизи восточной границы. Основная причина этих различий, по данным автора, заключается в том, что в западных землях Германии солнце восходит на 40 минут позже, чем в восточных землях. Поскольку циркадианная система человека настроена на солнце, пробуждение до восхода приводит к повышенной сонливости и снижению вниманию по утрам. Хроническое недосыпание в учебную неделю наиболее выражено у «сов», и есть все основания полагать, что с ними чаще происходят несчастные случаи по дороге в школу.

Мы проанализировали влияние хронотипа и географических координат места проживания на частоту выявления признаков сезонной депрессии у здоровых детей и подростков, используя тест для оценки сезонного профиля (SPAQ). Участников исследования просили ответить, как меняется их самочувствие, потребность во сне, настроение и вес в зависимости от сезона, какую погоду они лучше переносят, как долго живут в данной местности. Анкетирование мы проводили в тех же городах Европейской части России, что и в предыдущем исследовании (рис. 3). Оказалось, что «совы» более предрасположены к сезонной депрессии. Ее признаки чаще отмечают у жителей населенных пунктов, расположенных в более высоких широтах и вблизи западной границы часового пояса.

Многие исследователи из разных стран показали, что дети и подростки с поздним хронотипом в большей степени предрасположены к депрессии, девиантному поведению, агрессии, потреблению стимуляторов, в том числе наркотиков, суицидальным настроениям.

Выше я писал о том, что десинхроноз часто наблюдается у онкологических больных, а по некоторым данным, повышает риск развития злокачественных новообразований и сокращает продолжительность жизни. Мы предположили, что СДЛ при длительном воздействии может привести к тем же последствиям. Анализ литературы показал, что никто этот вопрос не изучал, поэтому мы провели собственное исследование.

Приняв за основу данные о том, что на севере и вблизи западной границы часового пояса больше «сов», мы предположили, что заболеваемость и смертность от рака и продолжительность жизни населения зависят от широты, положения региона проживания в часовом поясе и его размера. Мы проанализировали влияние географических координат места

проживания на заболеваемость и смертность от рака населения Европейской части России и продолжительность жизни жителей Европейской части России и Китая («Chronobiology International», 2011, 28, 155—162). Оказалось, что заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований зависят от широты и положения места проживания в часовом поясе с минимальными значениями на юго-востоке третьего часового пояса и максимальными — на северо-западе региона. Что касается продолжительности жизни, то для населения Европейской части России она выше на юго-востоке третьего часового пояса, а для населения Китая — на востоке страны.

Важно подчеркнуть, что положение места проживания в часовом поясе влияет на китайцев в несколько раз сильнее, чем на россиян. По нашему мнению, это связано с тем, что размер часового пояса в Китае в два раза больше, чем третий часовой пояс (Европейская часть России). Так, например, средняя продолжительность жизни россиян в 1998—2008 годах, когда мы проводили исследование, составила 66,4 лет. По данным регрессионного анализа, с увеличением долготы на один градус продолжительность жизни увеличивалась на 0,09 лет, то есть западно-восточный градиент продолжительности жизни составляет 2,7 лет (0,09·30). При этом частный коэффициент детерминации ( $\Delta R^2$ ) уравнения регрессии, отражающий силу влияния фактора, составил 0,04. В Китае в период проведения исследования (2000 г.) средняя продолжительность жизни была равна 71,3 лет. С увеличением долготы на один градус она изменялась на 0,18 лет, то есть западно-восточный градиент продолжительности жизни составил 10,8 лет. Частный коэффициент детерминации в данном случае существенно выше:  $\Delta R^2=0,17$ . Очевидно, что на риск развития злокачественных новообразований и продолжительность жизни влияет не только хронический десинхроноз, вызванный расхождением между солнечными и социальными часами, но и многие другие факторы, поэтому мы рассматриваем эти результаты лишь как предварительные.

Введение на Земле часовых поясов, несомненно, способствовало прогрессу, особенно развитию транспортных систем. Сегодня жизнь без часовых поясов уже невозможно представить. Однако надо помнить о том, что любое нововведение имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Из-за увеличения размера часовых поясов происходит рассогласование биологических часов человека, что нередко приводит к ухудшению его самочувствия и здоровья. Зная механизм взаимосвязи между солнечными, социальными и биологическими часами, можно сформировать временную среду, сводящую к минимуму риск развития десинхронозов у человека. Мы считаем, что на территории Российской Федерации необходимо ввести часовые пояса стандартного размера, равного 15 градусам долготы. Одновременно с этим следует пересмотреть режим работы госучреждений, особенно в городах и селах, расположенных вблизи западных границ часовых поясов, приведя его в соответствие с физиологическими особенностями функционирования циркадианной системы человека.



# Детали мира

Л. Стрельникова

**М**ожет ли прочитанная книга повлиять на судьбу? Конечно, и тому много примеров. Эта история тоже началась с книги «Введение в структуру белка» Карла Брендена и Джона Туза. Учебник с прекрасными иллюстрациями, показывающими основы структуры и строения различных белков, произвел сильное впечатление на Ивана Константинова, в то время студента биофака МГУ им. М.В. Ломоносова. Иллюстрации были восхитительны, тогда в России (а это был 2003 год) ничего подобного еще не делали.

Жизнь шла своим чередом: окончание университета, два года работы в Институте молекулярной генетики РАН, а параллельно — проекты в области графического дизайна, 3D, интерактивных и веб-технологий. И каждый день этого короткого периода первичного накопления капитала — профессионального и жизненного опыта — лишь раздувал огонь желания заниматься научной графикой на самом высоком технологическом уровне. Не хватало лишь идеи, красивой и вызывающей. К 2007 году она сложилась и обрела очертания проекта «Парка вирусов». Удалось быстро собрать команду единомышленников, молодых биологов, химиков, структурщиков, дизайнеров, и учредить студию научной графики, анимации и дизайна «Visual Science» (<http://visualscience.ru/>). За проект «Парк вирусов» взялись в 2009-м.

Три года назад никто в мире и не помышлял братья за такую невероятно сложную задачу, как создание молекулярной модели вируса. Современные методы позволяют получать достоверные модели небольших молекул. Но они неприменимы для крупных надмолекулярных комплексов, не говоря уже о большей части вирусов. Однако все случилось так, как говорил Эйнштейн: все знали, что этого сделать нельзя, один не знал — и сделал. Уже в 2010-м изображение модели ВИЧ, созданное в студии Ивана Константинова, было признано лучшей научной иллюстрацией года, по версии журнала «Science» и Национального научного фонда США (NSF), и в этом же году опубликовано на обложке спецвыпуска «Nature Medicine», в галерее журнала «Cell», приуроченной к тридцатой годовщине открытия ВИЧ, и на страницах СМИ, таких, как «Нью-Йорк таймс». Сегодня оно уже вошло во многие авторитетные учебники и в ведущий мировой справочник «Вакцины», который журнал «Ланцет» называет Библией вакцинологов.

Вирус иммунодефицита стал первым обитателем «Парка вирусов» компании «Visual Science». Хотя начинали исследователи с вируса свиного гриппа. «Тогда, в 2008 году, мы еще не понимали, как подступиться, да и техника не позволяла нам работать с огромными массивами информации. Пришлось придумывать и создавать специальные алгоритмы, на что ушел не один год», — вспоминает И.Н. Константинов. Как и положено, первый блин вышел комом. Хотя — с чем сравнивать. Никто в мире до сих пор не может сделать и такого. Но на фоне моделей ВИЧ и Эбола, вскоре появившихся на свет, он действительно простоват и недостаточно детализирован». Однако эта проба пера вооружила исследователей полезным опытом и новыми инструментами моделирования. Теперь уже можно было браться за ВИЧ.

«Когда мы работали над моделью ВИЧ, казалось, что задачи сложнее не придумать», — рассказывает И.Н. Константинов. — Сотни тысяч молекул, хитроумная структура вирусной частицы. С такой сценой не справляются даже самые мощные компьютеры. Но когда мы взялись за вирус Эбола, который в десять — двенадцать раз больше ВИЧ, нам стало казаться, что ВИЧ — это очень просто».

Нет, это совсем не просто. Работа над моделью начинается с поиска и анализа информации. Научный отдел компании, в который входят биологи, все кандидаты наук, анализирует сотни статей в ведущих научных журналах с результатами исследований, проливающих свет на структуру той или иной части вируса. Из этих нескольких сотен отбирают несколько десятков самых значимых и авторитетных публикаций, где обобщены последние данные. На их основе отдел готовит обстоятельный обзор, который сам по себе — добротная научная статья.


Научную часть проекта «Парк вирусов» курирует кандидат биологических наук Ю.Ф. Стефанов, работающий в компании почти с самого ее основания. Его задача — найти белые пятна и спорные моменты в собранных данных и постараться их прояснить. А прояснить можно только в диалоге с ведущими исследователями в этой области. Поэтому компания определяет ключевых экспертов, или консультантов, связывается с ними, и начинается обсуждение.

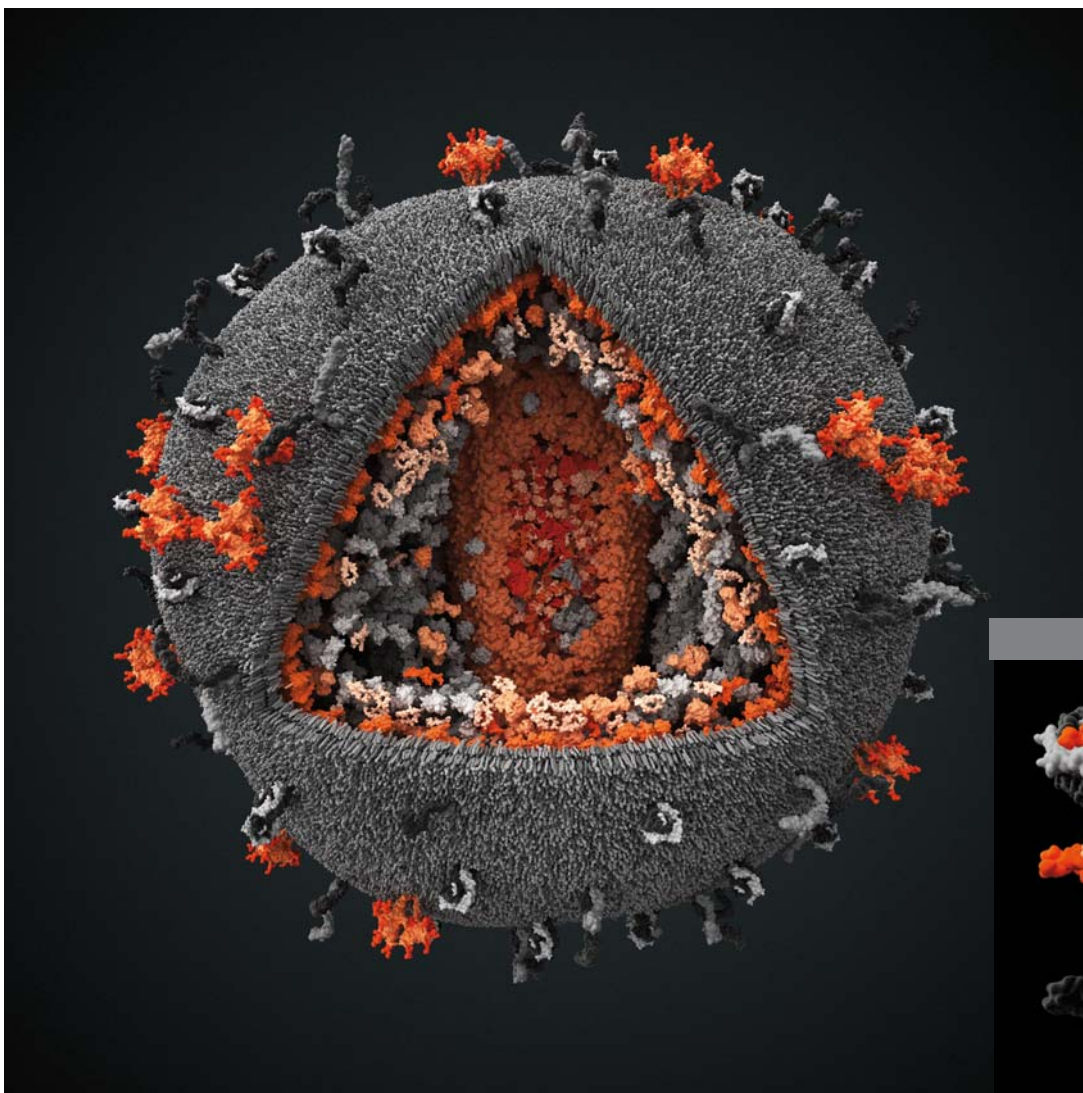
Интересно, что на призыв к сотрудничеству откликается большинство потенциальных консультантов из ведущих лабораторий мира. Почему? Ведь все они, исследователи с громкими именами, и без того загружены работой. «Я рад этому обстоятельству», — признается И.Н. Константинов. — Каждый раз мы посылаем потенциальному эксперту очень честное и простое письмо, рассказываем о нашем инициативном и некоммерческом проекте — создавать предельно точные, научно достоверные, красивые и аккуратные модели вирусов человека. Наверное, наша честность и энтузиазм передаются через эти письма, и в большинстве случаев мы получаем ответ. Кроме того, созданные нами модели говорят сами за себя, и нас уже знают в мире».

Научный обзор изучает руководитель проекта, тоже биолог. В компании его называют «интегратором», потому что он разбирается во всех этапах создания модели — научной части, молекулярном и 3D-моделировании, дизайне и визуализации. После того как многие спорные моменты и узкие места прояснены с консультантами, интегратор составляет план, по которому начинают работать отделы молекулярного и 3D-моделирования. «Мы уже понимаем, какие белки присутствуют в конечной структуре, какие из них имеют полные структуры, какие — нет, какие комплексы надо создавать», — рассказывает И.Н. Константинов. — Например, поверхностные белки вируса. У этих молекул есть трансмембранные участки, подвижные петли, которые плохо кристаллизуются, поэтому полных данных об их структуре нет. При рентгеноструктурном исследовании эти участки отрезают и изучают основную, неподвижную часть: из нее можно получить регулярный кристалл и установить его структуру. Все недостающие элементы, включая гликозилирование поверхностных белков, мы воссоздаем, используя традиционные методы молекулярного моделирования и динамики».

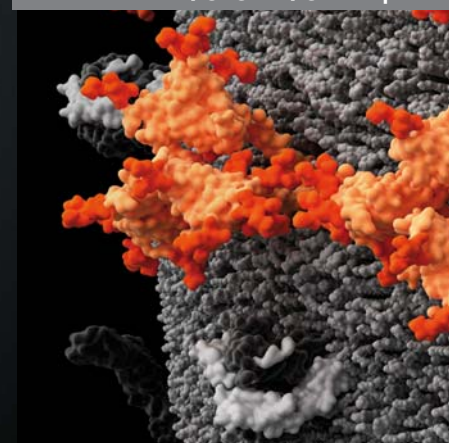
В отделе молекулярного моделирования создают все компоненты структуры и комплексы, которые должны быть в конечной модели. Следующий этап — 3D-моделирование. Отдел получает точные 3D-координаты каждого атома во всех молекулах, входящих в состав вируса. Если у атома водорода радиус 0,53 ангстрема, то и в модели он будет точно такой же. Здесь фрагменты собирают в единое целое и получают полную модель вириона, которая отправляется в отдел дизайна и визуализации. «Мы не рисуем, а моделируем, то есть точно воспроизводим природную структуру по данным исследований», — объясняет И.Н. Константинов. — Дизайнер не может привнести неточность. Точность описания молекулярной поверхности известна и постоянна. Если вы видите белок на поверхности или липид в мембране, то будьте уверены, что мы точно знаем его пространственную структуру».

Конечный результат моделирования — это так называемая 3D-сцена, или несколько гигабайтов файлов. Это сцена с

На стр.  12



ФОТОИНФОРМАЦИЯ



## Вирус иммунодефицита человека

Перед вами – самая точная и детализированная 3D-модель ВИЧ из когда-либо созданных. Она выполнена в студии «Visual Science». Модель создана на основе результатов более сотни научных публикаций ведущих специалистов в области вирусологии, рентгеноструктурного анализа и ЯМР-спектроскопии.

За тридцать лет, прошедшие со времени открытия ВИЧ, его довольно хорошо изучили. ВИЧ заражает преимущественно клетки иммунной системы человека и выводит их из строя. В результате в организме развивается синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Наиболее распространена разновидность вируса HIV-1 с размерами от 100 до 180 нм. Она окружена мембраной, в которой закорены поверхностные белковые комплексы. Часть этих комплексов кодируется геном самого вируса, а часть, как и сама мембрана, захватывается из клетки хозяина. Мембранные белки позволяют

вирусной частице взаимодействовать с рецепторами на поверхности клеток-мишеней. После распознавания частица и клетка сливаются, а содержимое вириона попадает внутрь цитоплазмы.

Сердце вириона – белковый капсид конической формы (хорошо виден в самом центре изображения). В нем находится РНК – геном вируса и ферменты, обеспечивающие его размножение в клетке. Геном вируса иммунодефицита человека представлен двумя идентичными молекулами РНК, длина каждой из них чуть меньше 10 тысяч нуклеотидов. Всего геном включает 9 генов. Они кодируют 15 различных белков.

Внутри частицы ВИЧ, как и на поверхности его мембраны, находятся не только белки, кодируемые геномом самого вируса, но и белки, захваченные из клетки-хозяина.

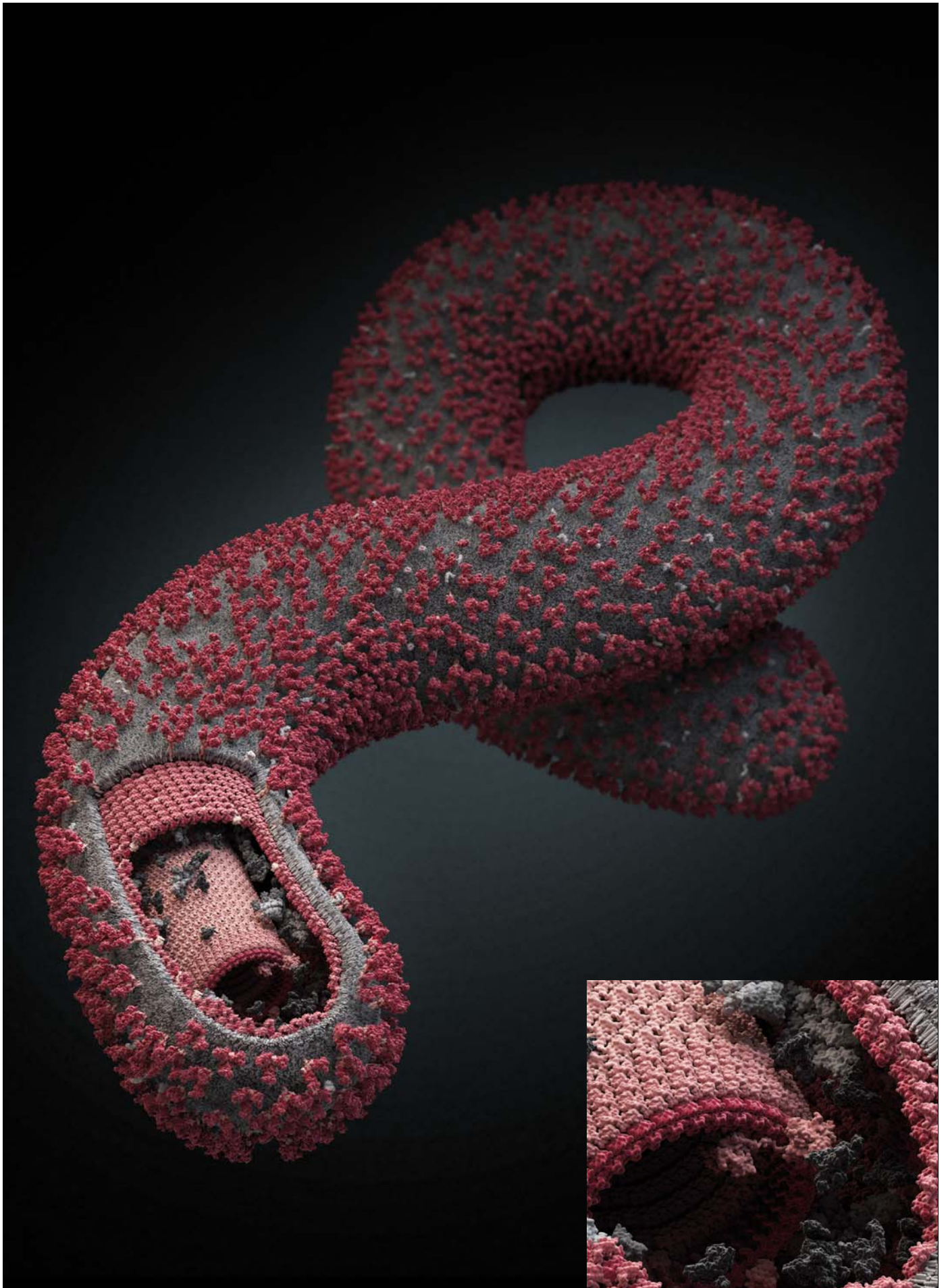
После того как ВИЧ проник в клетку, обратная транскриптаза вируса синтезирует ДНК-копию его генома. Эта копия встраивается в клеточный геном, образуя провирус. Затем клеточные ферменты синтезируют на матрице провируса новые молекулы вирусной РНК, а также регуляторные и структурные белки вируса. Образовавшиеся вирусные белки стано-

вятся материалом для самосборки и почкования новых вирусных частиц. Они покидают породившую их клетку в поисках нового хозяина.

В модели с удивительной точностью воссозданы пространственные структуры 17 вирусных и клеточных белков, трансмембранные домены и статусы гликозилирования белков оболочки. Для моделирования мембраны вирусной частицы авторы использовали более 160 тысяч молекул липидов восьми видов в соотношениях, характерных для реальной частицы ВИЧ. Модель собрана из более 10 миллиардов полигонов – единиц поверхности вирусной частицы.

Оттенками серого в модели показаны структуры, захваченные вирусом из клетки хозяина, оттенками оранжевого – белки, кодируемые вирусным геномом.

Восьмого сентября 2010 года модель ВИЧ была помещена на обложку специального выпуска журнала «Nature Medicine», подготовленного Всемирным центром по разработке вакцин от ВИЧ. Изображение ВИЧ признано лучшей научной иллюстрацией в мире за 2010 год по версии журнала «Science» и Национального научного фонда США.

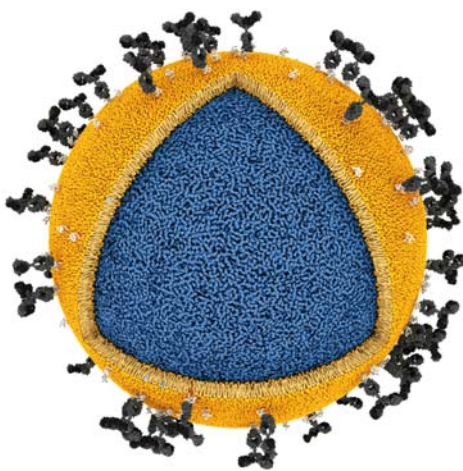


## Липосома

Эту модель липосомы студия «Visual Science» создала по заказу корпорации «РОСНАНО», которая планирует в 2013-2014 году начать производство противораковых препаратов на основе липосом, иммунолипосом и моноклональных антител на заводе «Медсинтез» в Новоуральске. Лекарство с новой форой доставки разработали в Российском онкологическом научном центре им. Н.Н.Блохина РАНН.

Липосомы (что по-гречески означает «жирное тело») впервые наблюдал известный британский гематолог Алек Бенгэм в 1961 г. (правда, результаты были опубликованы лишь в 1964-м). Как часто бывает, произошло это случайно, когда Бенгэм с коллегами тестировал новый электронный микроскоп, купленный его институтом. Исследователи использовали классическую методику тестирования, добавляя контрастные вещества в разные препараты. При добавлении контраста к фосфолипидам ученые увидели образование двойного липидного слоя и липосом. Спустя десять лет, в 1971 году, профессор Грегори Георгиадис вместе с Брендой Римап впервые использовали липосому как средство доставки лекарств и вакцины.

Липосомальные препараты представляют собой пузырьки размером порядка 100 нанометров. Их получают, обрабаты-



вая ультразвуком фосфолипиды в водной среде. Их внешняя оболочка состоит из одного или нескольких слоев фосфолипидов и сходна с природной мембраной клеток, а внутри содержатся лекарственное вещество (химиотерапевтические препараты доксорубин, лизомустин, цифелин, аранозы, бактериохлорин) и вода. Впрочем, липосомы можно нагружать самыми разными лекарственными веществами, и не обязательно растворимыми в воде. Гидрофобное вещество может быть заключено в липидной оболочке липосомы.

Липосомы пассивно доставляют лекарство по адресу. Они выходят из кровяного русла в ткани там, где проницаемость сосудов повышена, то есть в растущих злокачественных опухолях. Иммуноли-

посомы сочетают пассивную адресную доставку с активной. На их поверхности закреплены антитела, способные распознавать специфические для опухоли молекулярные метки (опухоль-ассоциированные антигены).

Надо ли говорить о преимуществе лекарств в липосомальной форме? Они приносят токсичное вещество в клетки опухоли, тем самым снижая токсическую нагрузку на нормальные органы и ткани. Поскольку доставка препарата происходит точно по адресу и его биодоступность высока, то дозы ядовитого лекарства могут быть снижены. А кроме того, они протаскивают в большие клетки лекарственные вещества, которые без липосом в них попасть не могут.



### ФОТОИНФОРМАЦИЯ

## Вирус Эбола

Наиболее точная и подробная трехмерная модель вируса Эбола (слева) также создана в студии «Visual Science». В ее основу легли данные о морфологии вируса, опубликованные за последние 20 лет в ведущих научных журналах. Для воссоздания структур белков и белковых комплексов авторы использовали опубликованные результаты рентгеноструктурного анализа, криоэлектронной микроскопии, а также результаты молекулярного моделирования.

Эбола – один из наиболее крупных вирусов человека, его длина около 1400 нм, ширина – 80 нм. Вирус Эбола, как и вирус Марбурга (представители семейства филовиров) возбуждают у человека острую геморрагическую лихорадку. Это заболевание приводит к смерти в 50-90% случаев в зависимости от штамма вируса. Эбола поражает преимущественно клетки эндотелия сосудов, а также некоторые клетки иммунной системы и печени. Симптомы заболевания – жар, головная боль, кровотечение слизистых, боль в мышцах, кашель, обезвоживание.

Вирус обнаружили в 1976 году. С тех пор зафиксировано несколько довольно крупных эпидемий в Заире, Судане, Конго и Уганде. Количество инфицированных и умерших исчислялось сотнями. Известны несколько случаев заражений с летальными исходами, случившихся во время лабораторных исследований вируса.

Эбола, как и многие другие вирусы человека, имеет мембранную оболочку, формирующуюся из мембраны зараженной клетки. При почковании частица захватывает также часть мембранных белков клетки (например, компоненты главного комплекса гистосовместимости или поверхностные рецепторы), которые остаются в вирусной оболочке и могут влиять на инфекционные способности частицы.

Под мембраной вируса расположен главным образом белковый матрикс, имеющий, вероятнее всего, спиральную структуру. В самом центре вириона находится нуклеокапсид. Это также спиральная структура образована в основном крупным белком NP. Диаметр спирали около 50 нм, при этом внутри различим канал диаметром около 20 нм. Геном Эбола представлен одноцепочечной РНК, он содержит 7 генов и имеет длину чуть меньше 19 тысяч нуклеотидов.

Внутри вириона Эбола находятся РНК-зависимая РНК полимеразы и минорные белки. Полимераза отвечает за синтез РНК вируса. Это самый крупный белок, кодируемый вирусным геномом. А минорные белки работают транскрипционными факторами и антагонистами интерферонового ответа.

В пространство внутри вириона в результате почкования попадают еще и клеточные белки, среди которых представлены в основном компоненты цитоскелета. Количество цитоплазмы, захватываемое вирусом, может меняться.

Модель вируса Эбола содержит точные структуры 11 различных белков, 18900 нуклеотидов геномной РНК и более 2,5 миллионов различных молекул липидов. Оттенками серого в модели показаны белки, захваченные вирусом из клетки хозяина, оттенками розового и фиолетового — белки, кодируемые вирусным геномом.

В 2012 году модель вируса Эбола стала призером международного конкурса научной графики, который проводит журнал «Science» и Национальный научный фонд США.



математическим описанием всех элементов вируса в виде полигонов — элементарных единиц поверхности. Всего лишь один липид в поверхностной мембране вируса (на рисунке одна тонкая серая черточка) содержит до 20 тысяч полигонов! Такая детализация, принятая в компании, необходима, чтобы показать атомную структуру этой модели.

На небольшой иллюстрации ВИЧ мы, разумеется, не можем рассмотреть каждый атом, эти детали слишком малы. «В большинстве случаев мы не показываем атомную структуру, чтобы не зашумлять изображение, да и для многих целей это просто не нужно, — поясняет И.Н.Константинов. — Но такая модель позволяет получить изображение ВИЧ размером 50 тысяч пикселей на 50 тысяч пикселей, достаточным для печати иллюстрации площадью 25 квадратных метров с качеством обложки глянцевого журнала. И вот тогда мы увидим все, что там есть, вплоть до каждого атома». Ни один современный метод исследования не позволяет рассмотреть вирион, включая его внутреннее устройство, с такой степенью детализации.

Вообще, нет предела совершенствованию модели любого вируса. Наши знания неполны, и новые данные о фрагментах вирусов появляются каждый год, поэтому в готовую модель приходится вносить небольшие изменения.

И.Н.Константинова часто спрашивают: неужели ВИЧ или Эбола такие же красивые и яркие, как показано на картинках, и окрашены в такие же цвета? Нет, конечно, эти вирионы вряд ли вообще окрашены, поскольку не содержат хромофоров. Но цвета, которые использованы в моделях, имеют смысл. «Оттенками серого во всех моделях “Парка вирусов” мы обозначаем компоненты, которые вирус захватывает из клетки хозяина, то есть не кодируются его геномом, — поясняет И.Н.Константинов. — На модели ВИЧ видно, что это — липиды поверхностной мембраны, некоторые белки внутри вируса, некоторые — на его поверхности, такие, как HLA-DR1, ICAM-1 или CD55. Компоненты, которые кодируются геномом вируса, окрашены оттенками цвета, принятого для этого вируса. Для ВИЧ — оттенки оранжевого, для Эбола — розового. У каждого вируса собственная цветовая гамма».

Модели этих смертоносных вирусов поразительно красивы. Видно, что дизайнеры компании не жалеют времени на работу с цветом, а при необходимости консультируются с художниками и скульпторами (в прошлом химиками и биологами), дизайнерами, то есть с людьми, обладающими тонким художественным вкусом. И делают это совершенно осознанно. Сегодня научной и образовательной графике очень трудно конкурировать с яркой рекламой, блокбастерами и компьютерными играми, которые создают лучшие специалисты в области визуальных эффектов. Молодым людям сложно сделать выбор в пользу чего-то невзрачного, хотя и интересного, когда со всех сторон ему предлагают яркое. Компании «Visual Science» удается совмещать грамотное, достоверное содержание с современными средствами подачи. Вот почему эти модели буквально завораживают, их хочется рассматривать.

«Если на каком-то начальном этапе молодым людям, школьникам и студентам, показать, как наука интересна и красива, то можно зажечь в них внутренний огонь, пробудить интерес к предмету, — рассказывает И.Н.Константинов. — На основе таких моделей мы можем делать не только научные иллюстрации для статей и учебников или плакаты с высоким разрешением. Мы создаем анимационные ролики, интерактивные образовательные веб-плагины, приложения для мобильных платформ iOS и Android. Тут огромный простор для фантазии. На мой взгляд, образовательное и просветительское значение таких моделей чрезвычайно велико».

Трудно с этим не согласиться. Хотя есть преподаватели, которые считают, что к иллюстрациям нужно относиться аккуратно и лучше особо на них не полагаться. Скорее всего, причина такого осторожного отношения — это опыт работы с иллюстрациями,

созданными дизайнерами, которые не имеют профильного образования. Биохимия и молекулярная биология — это очень сложные области. Неспециалистам трудно в них разобраться, поэтому они не могут грамотно, достоверно и понятно изобразить, а значит — объяснить то или иное явление или объект».

Встречается и другая точка зрения. Ученый должен уметь проникать внутренним взглядом в суть вещей, привлекая на помощь все свое воображение. А модели, предлагаемые на стадии обучения, могут его ограничить, запомниться как непогрешимый образ. «Мысль изреченная есть ложь». Но именно граничные условия, которые возникают при создании моделей, как ни странно, оказывают бесценную услугу науке.

Представьте, что вы собрали огромный пазл, в котором не хватает нескольких деталей. Вместо них в собранной картинке зияют пустоты. Но по форме этого пустого места вы точно можете сказать, какой должна быть конфигурация недостающего фрагмента. Нечто похожее происходит и при моделировании вирусной частицы. Команда И.Н.Константинова часто сталкивается с неполными данными и белыми пятнами. По поводу структуры того или иного белого пятна есть несколько противоречивых гипотез, обсуждаемых в научном сообществе. Какая из них наиболее близка к истине? «Часто обсуждение с внешними экспертами не дает ответа на этот вопрос, они не могут выбрать предпочтительный вариант, ссылаясь на нехватку данных, — рассказывает И.Н.Константинов. — Но мы не можем не показать эти участки в нашей модели. И здесь на помощь приходит сам процесс моделирования. Когда с высокой точностью смоделированы все известные фрагменты вируса, возникают некоторые сдерживающие, ограничивающие условия, которые помогают в выборе более вероятной гипотезы для структуры неизвестных участков».

Богатое воображение и образное мышление необходимы исследователю. Для многих не составляет труда увидеть плоскую картинку в объеме или по описанию представить любой объект. Однако чтобы мысленно воссоздать образ вируса со всеми его деталями, нужно повернуть в голове огромный массив информации, который трудно собрать воедино. И не всегда исследователи и студенты способны выполнить такую работу мысленно.

Нет, от таких моделей, безусловно, есть польза. Хорошая иллюстрация помогает структурировать знания, воспринимать сложную пространственную информацию.

А сколько радости могут доставить эти модели обычным людям, чьи профессии далеки от науки! Ведь они показывают, как удивительно красиво и сложно устроен наш мир даже в самых мельчайших его деталях. Показывают, какой путь пришлось пройти науке, чтобы понять, как устроена вирусная частица, ее оболочка, какие молекулы находятся внутри и на ее поверхности, какова внутренняя структура.

Пять лет назад наш мир пополнился симпатичной и полезной деталью — студией «Visual Science», которая создает предельно точные и научно обоснованные модели других важнейших деталей мира — молекул, вирусов, анатомических структур, химических процессов, технологий, всего, что неразрывно связано с современной наукой и технологиями. Сегодня у компании отличная репутация, деятельность ее разрастается, работы очень много. Но у сотрудников по-прежнему в глазах светится азарт, потому что каждый день они занимаются тем, о чем мечтали. Один из самых любимых и красивых проектов «Парк вирусов» еще не завершен. Пока в нем немного обитателей. Но в ближайшие два года здесь пропишутся не менее десятка самых важных и распространенных вирусов человека. Будут созданы их модели с беспрецедентным уровнем детализации и точности. Он займут достойное место в научных журналах, учебниках и справочниках и обязательно вдохновят молодых людей на занятия наукой, на карьеру исследователя. От популяризации науки столь высокого уровня общество только выиграет.



# Антоцианы: секреты цвета

Кандидат биологических наук

**О.Ю.Шоева**

**Н**есколько столетий назад началась одна из самых интересных и красивых историй в биологической науке — история изучения цвета у растений. Растительные пигменты антоцианы сыграли важную роль в открытии законов Менделя, мобильных генетических элементов, РНК-интерференции — все эти открытия были сделаны благодаря наблюдениям за окраской растений. На сегодняшний день биохимическая природа антоцианов, их биосинтез и его регуляция достаточно подробно исследованы. Полученные данные позволяют создавать необычно окрашенные сорта декоративных растений и сельскохозяйственных культур. Голубая роза — теперь уже не сказка.

## Что такое антоцианы? Немного о химии

Последнее время в российских и зарубежных СМИ часто появляются сообщения о чудо-фруктах, чудо-овощах и чудо-цветах с необычной окраской, которая или не встречается у данных видов растений, или встречается, но очень редко. Фурор среди российской общественности недавно произвела новость о новом сорте картофеля «Чудесник» с фиолетовой окраской мякоти, созданном селекционерами из Уральского НИИ сельского хозяйства (рис. 1). В числе овощей с непривычной для нас фиолетовой окраской можно также упомянуть капусту, перец, морковь, цветную капусту. Заметим, что все допущенные к выращиванию в коммерческих целях сорта фиолетовых овощей, фруктов и злаков были созданы в ходе селекционной работы, это не генномодифицированные сорта.

Еще один пример — голубая роза, мечта не одного поколения селекционеров и садоводов. До 2004 года синие бутоны у розы можно было получить лишь с помощью химических красителей, например индиго, которые впрыскивали в корни белой розы (см. «Химию и жизнь», 1989, № 6). В 2004 году методами генетической инженерии впервые в мире была полу-



Фотобанк Лори. Фото: Е. Блохина

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

чена настоящая голубая роза (рис. 2).

Эти и другие смелые манипуляции с окраской, которые пресса называет «чудесами», стали возможными благодаря всестороннему исследованию природы антоциановой пигментации и генетической составляющей биосинтеза антоциановых соединений.

Сегодня достаточно хорошо изучены такие растительные пигменты, как флавоноиды, каротиноиды и беталаины. Всем известны каротиноиды моркови, а к беталаинам относятся, например, пигменты свеклы. Группа флавоноидных соединений вносит наибольший вклад в разнообразие оттенков цветов у растений. К данной группе относятся желтые ауруны, халконы и флавонолы, а также главные герои этой статьи — антоцианы, которые окрашивают растения в розовые, красные, оранжевые, алые, пурпурные, голубые, темно-синие цвета. Кстати, антоцианы не только красивые, но и очень полезны для человека: как выяснилось в ходе их изучения, это биологически активные молекулы.

Итак, антоцианы — растительные пигменты, которые могут присутствовать

у растений как в генеративных органах (цветках, пыльце), так и в вегетативных (стеблях, листьях, корнях), а также в плодах и семенах. Они содержатся в клетке постоянно либо появляются на определенной стадии развития растений или под действием стресса. Последнее обстоятельство навело ученых на мысль, что антоцианы нужны не только для того, чтобы яркой окраской привлекать насекомых-опылителей и распространителей семян, но и для борьбы с различными типами стрессов.

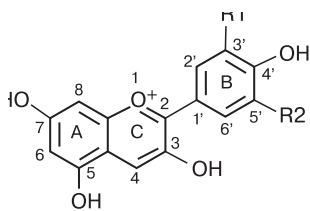
Первые опыты по изучению антоциановых соединений и их химической природы провел известный английский химик Роберт Бойль. Еще в 1664 году он впервые обнаружил, что под действием кислот синий цвет лепестков василька изменяется на красный, под действием же щелочи лепестки зеленеют. В 1913—1915 годах немецкий биохимик Рихард



**1** Картофель сорта «Чудесник», который вывели уральские селекционеры (фото предоставлено Е.П.Шаниной)



**2** Первая в мире голубая роза, созданная австралийскими учеными из компании «Флориген» при поддержке японского холдинга «Сантори»



3  
Базовая структура антоцианидинов и антоцианов. Атомы углерода пронумерованы

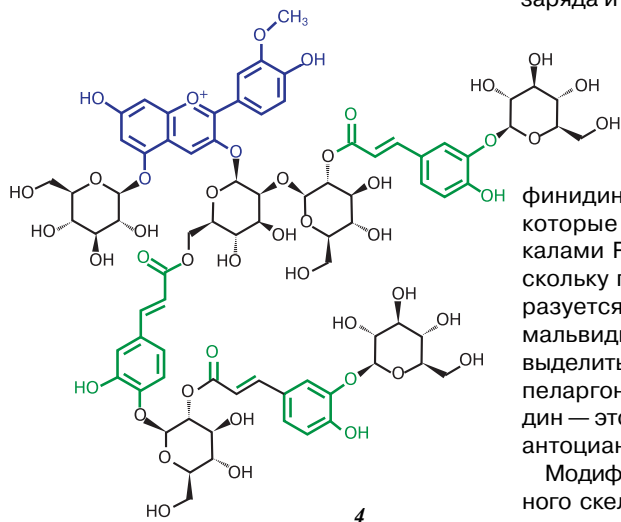
Антоцианидин	R1	R2	Цвет
Цианидин (Cy)	ОН	Н	Пурпурный
Пеонидин (Pn)	OCH <sub>3</sub>	Н	Пурпурно-синий
Пеларгонидин (Pg)	Н	Н	Красно-оранжевый
Мальвидин (Mv)	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	Пурпурный
Дельфинидин (Dp)	ОН	ОН	Синий
Петунидин (Pt)	OCH <sub>3</sub>	ОН	Пурпурный

отличаются наличием положительного заряда и двойной связи в С-кольце.

При всем их огромном многообразии антоциановые соединения — производные лишь шести основных антоцианидинов: пеларгонидина, цианидина, пеонидина, дельфинидина, петунидина и мальвидина, которые отличаются боковыми радикалами R1 и R2 (рис. 3, таблица). Поскольку при биосинтезе пеонидин образуется из цианидина, а петунидин и мальвидин — из дельфинидина, можно выделить три основных антоцианидина: пеларгонидин, цианидин и дельфинидин — это и есть предшественники всех антоциановых соединений.

Модификации основного С<sub>15</sub>-углеродного скелета создают индивидуальные

соединения из класса антоцианов. В качестве примера на рис. 4 приведена структура так называемого небесно-синего антоциана, который окрашивает цветки вьюнка ипомеи в голубой цвет.



4  
Структура небесно-синего антоциана. Соединение выделено из вьюнка *Ipomoea tricolor*. Синим отмечены пеонидин (метилированное производное цианидина); зеленым — остатки кофейной кислоты; черным — остатки глюкозы.

Рисунок: «Schroeder Group» (<http://www.biologie.uni-freiburg.de>).  
Фото: E. Russell



Вильштеттер и его швейцарский коллега Артур Штоль опубликовали серию работ, посвященных антоцианам. Из цветков различных растений они выделили индивидуальные пигменты и описали их химическое строение. Оказалось, что антоцианы в клетках находятся преимущественно в виде гликозидов. Их агликоны (базовые молекулы-предшественники), получившие название антоцианидинов, связаны преимущественно с сахарами глюкозой, галактозой, рамнозой. «За исследования красящих веществ растительного мира, особенно хлорофилла» в 1915 году Рихард Вильштеттер был удостоен Нобелевской премии по химии.

Известно более 500 индивидуальных антоциановых соединений, и число их постоянно увеличивается. Все они имеют С<sub>15</sub>-углеродный скелет — два бензольных кольца А и В, соединенные С<sub>3</sub>-фрагментом, который с атомом кислорода образует γ-пироновое кольцо (С-кольце, рис. 3). При этом от других флавоноидных соединений антоцианы

## Возможны варианты

В какой цвет окрасят растение антоцианы, зависит от многих факторов. В первую очередь окраску определяют структура и концентрация антоцианов (она повышается в условиях стресса). Голубой или синий цвет имеют дельфинидин и его производные, красно-оранжевый — производные пеларгонидина, а пурпурно-красную — цианидина (рис. 5). При этом голубой цвет обуславливают гидроксильные группы (см. таблицу и рис. 4), а их метилирование, то есть присоединение CH<sub>3</sub>-групп, приводит к покраснению («International Journal of



Из книги «Anthocyanins: biosynthesis, functions, and applications» (Springer, 2008)

Molecular Sciences», 2009, 10, 5350—5369, doi:10.3390/ijms10125350).

Кроме того, пигментация зависит от pH в вакуолях, где накапливаются антоциановые соединения. Одно и то же соединение в зависимости от сдвига в величине кислотности клеточного сока может приобретать различные оттенки. Так, раствор антоцианов в кислой среде имеет красный цвет, в нейтральной — фиолетовый, а в щелочной — желто-зеленый.

Однако pH в вакуолях может варьировать от 4 до 6, и, следовательно, появление синей окраски в большинстве случаев нельзя объяснить влиянием pH среды. Поэтому были проведены дополнительные исследования, которые показали, что антоцианы в клетках растений присутствуют не в виде свободных молекул, а в виде комплексов с ионами металлов, которые как раз и имеют синюю окраску («Nature Product Reports», 2009, 26, 884—915). Комплексы антоцианов с ионами алюминия, железа, магния, молибдена, вольфрама, стабилизированные ко-пигментами (в основном флавонами и флавонолами), называются металлоантоцианинами (рис. 6).

Локализация антоцианов в тканях растений и форма клеток эпидермиса тоже имеют значение, поскольку определяют количество света, достигающего пигментов, а следовательно, интенсивность окраски. Показано, что цветки львиного зева с эпидермальными клетками конической формы окрашены ярче, чем цветки мутантных растений, клетки эпидермиса которых не могут принять такую форму, хотя и у тех и других растений антоцианы образуются в одном и том же количестве («Nature», 1994, 369, 6482, 661—664).

Итак, мы рассказали, чем обусловлены оттенки антоциановой пигментации, почему они разные у разных видов или даже у одних и тех же растений в разных условиях. Читатель может сам поэкспериментировать со своими домашними растениями, понаблюдав за изменением их окрасок. Возможно, в ходе этих экспериментов вы добьетесь желаемого оттенка цвета и ваше растение выживет, но оно уж точно не передаст этот оттенок своим потомкам. Чтобы эффект был nasledующим, необходимо разобратсья еще в одном аспекте формирования

5  
Цветки различных сортов зустомы с преобладанием пигментов — производных пеларгонидина (слева), цианидина (в центре) и дельфинидина (справа)





6  
Схема образования металлоантоцианина из шести молекул антоциана, флавона и двух ионов металла. Справа приведена пространственная структура протоцианина, выделенного из лепестков василька (из: «Natural Products Reports», 2009, 26, 884—915)



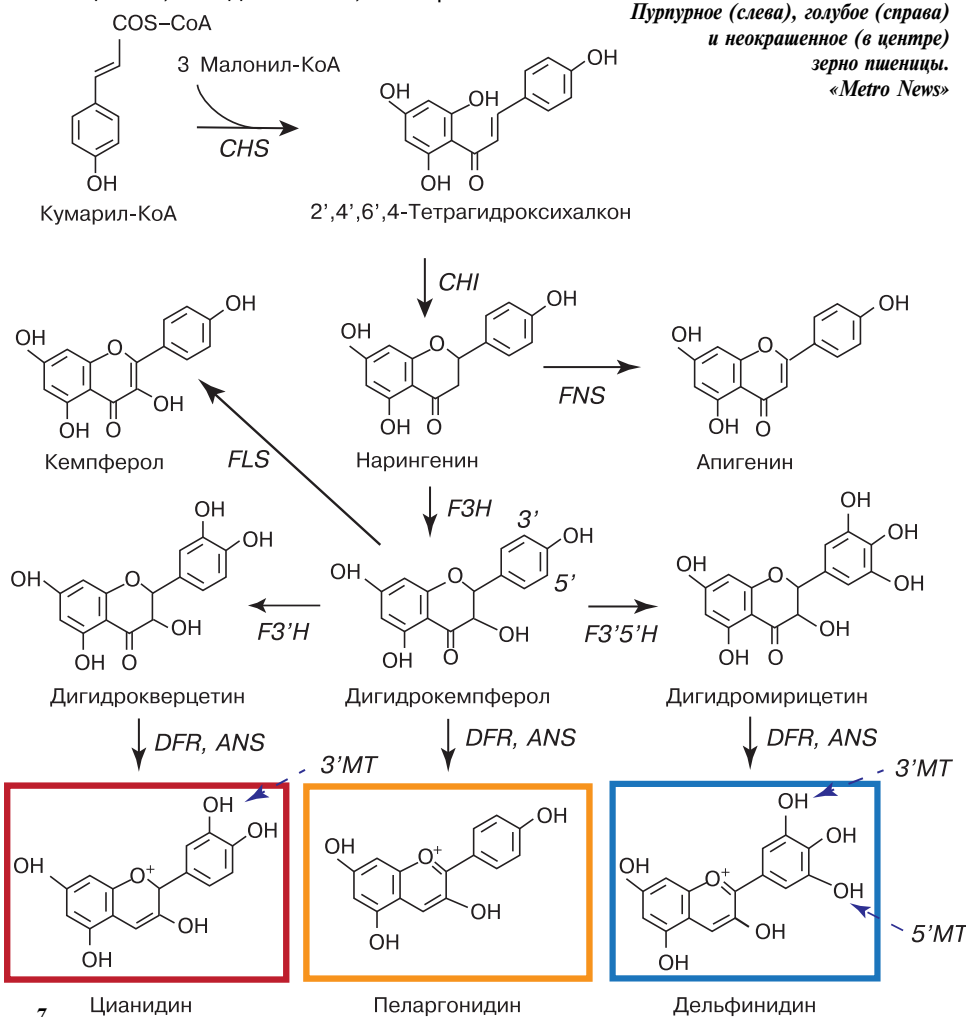
цвета, а именно в генетической составляющей биосинтеза антоцианов.

## Гены синего и лилового

Молекулярно-генетические основы биосинтеза антоцианов изучены достаточно полно, чему немало поспособствовали мутанты различных видов растений с измененной окраской. На биосинтез антоцианов, а следовательно, и на окра-



8  
Пурпурное (слева), голубое (справа) и неокрашенное (в центре) зерно пшеницы. «Metro News»



7  
Биосинтез антоцианидинов: цианидина, пеларгонидина, дельфинидина. Антоцианидины далее подвергаются реакциям модификации — гликозилированию, ацилированию, метилированию, которые осуществляют гликозилтрансферазы (GT), ацилтрансферазы (AT) и метилтрансферазы (MT). Типичная окраска, которую имеют антоцианы, образующиеся из приведенных антоцианидинов, представлена на рисунке, но она зависит от многих факторов: pH, копигментации с бесцветными флавоноидами, комплексами с ионами тяжелых металлов. Заметьте, что метилированию В-кольца (синие прерывистые стрелки) подвергаются антоцианы, а не антоцианидины.

Аббревиатуры: халконсинтаза (CHS); халконфлаванонизомераза (CHI); дигидрофлавонол 4-редуктаза (DFR); флаванон-3-гидроксилаза (F3H); флавоноид-3'-гидроксилаза (F3'H); флавоноид-3',5'-гидроксилаза (F3'5'H); антоцианидинсинтаза (ANS); флавоносинтаза (FNS); флавонолсинтаза (FLS) (по: «International Journal of Molecular Sciences», 2009, 10, 5352)

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ску влияют мутации в трех типах генов. Первый — гены, которые кодируют ферменты, участвующие в цепи биохимических превращений (структурные гены). Второй — гены, определяющие транскрипцию структурных генов в нужное время в нужном месте (регуляторные гены). Наконец, третий — гены транспортеров, переносящих антоцианы в вакуоли. (Известно, что антоцианы в цитоплазме окисляются и формируют агрегаты бронзового цвета, токсичные для клеток растений («Nature», 1995, 375, 6530, 397—400).)

На сегодняшний день все стадии биосинтеза антоцианов и осуществляющие их ферменты известны и подробно исследованы методами биохимии и молекулярной генетики (рис. 7). Из многих видов растений выделены структурные и регуляторные гены биосинтеза антоцианов. Знание особенностей биосинтеза антоциановых пигментов у конкретного вида растения позволяет манипулировать его окраской на генетическом уровне, создавая растения с необычной пигментацией, которая будет передаваться из поколения в поколение.

## Селекция и генные модификации

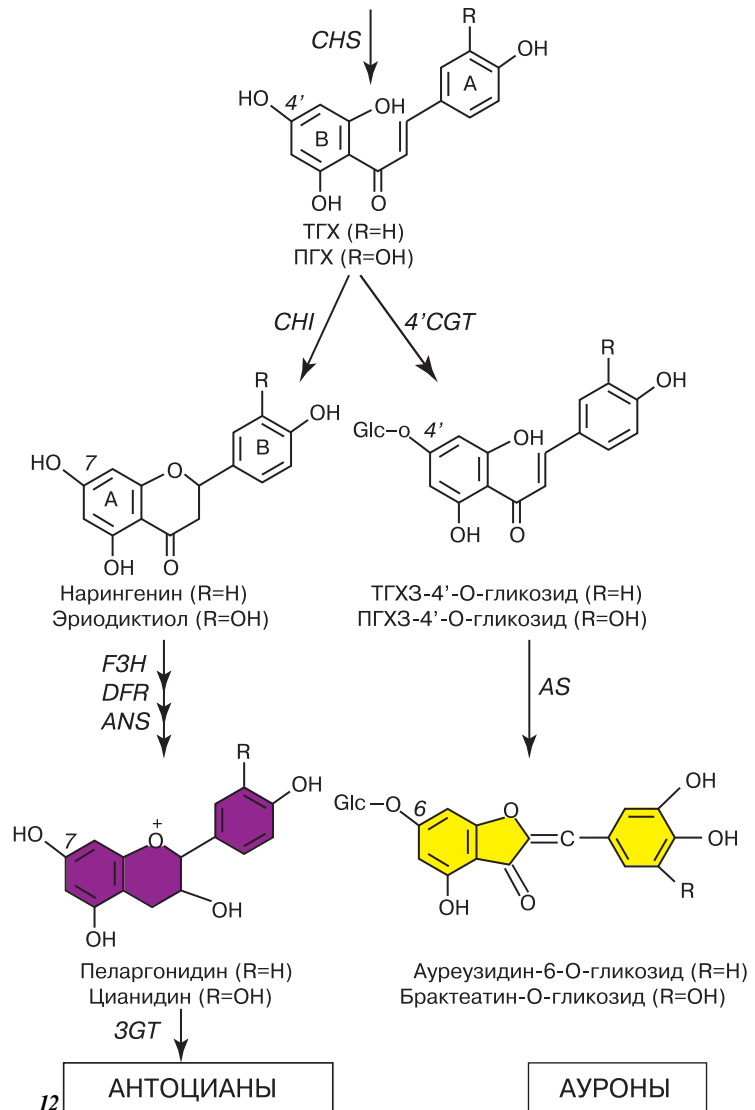
«Горячие точки» для модификации цвета у растений — это главным образом структурные и регуляторные гены. Методы, с помощью которых можно модифицировать окраску растений, делятся на два типа. К первому относятся методы селекции. Выбранный вид растения путем скрещивания получает гены от доноров — растений близкородственного вида, имеющих нужный признак. Сорт картофеля «Чудесник», по словам его автора, заведующей отделом селекции картофеля ГНУ Уральского НИИ СХ, доктора сельскохозяйственных наук Е.П.Шаниной, был создан именно методом селекции.

Еще один яркий пример — это пшеница с пурпурным и голубым цветом зерна, обусловленным антоцианами (рис. 8). В дикой природе пшеницу с пурпурным зерном впервые обнаружили в Эфиопии, где, по всей видимости, и появился данный признак, а затем отвечающие за него гены удалось ввести методами селекции



9  
Томаты с повышенным содержанием антоцианов в плодах, полученные методом генетической инженерии

Кумарил-КоА + 3 Малонил-КоА



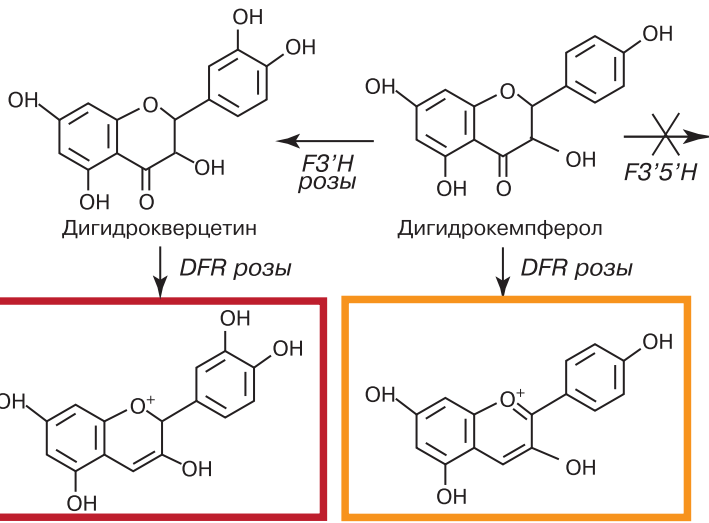
12

АНТОЦИАНЫ

АУРОНЫ

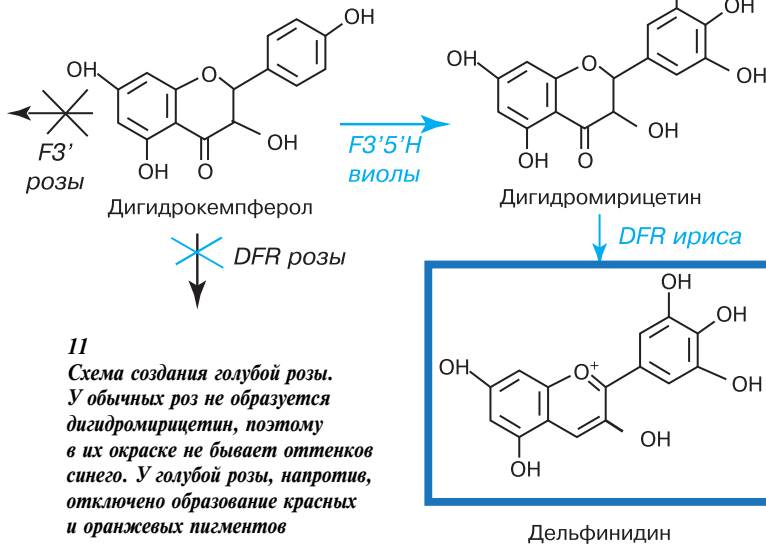


12  
Схема биосинтеза антоцианов и аурунов. Снизу цветки торении, обычной, накапливающие антоцианы (слева), и трансгенной, накапливающие ауруны (справа).  
Обозначения:  
TGX — тетрагидроксиалкон,  
PGX — пентагидроксиалкон



Цианидин

Пеларгонидин



11  
Схема создания голубой розы. У обычных роз не образуется дигидромирицетин, поэтому в их окраске не бывает оттенков синего. У голубой розы, напротив, отключено образование красных и оранжевых пигментов



10  
Слева мутантная линия петунии с бледно-розовой окраской венчика из-за присутствия следовых количеств антоцианов — производных цианидина и дельфинидина, справа — генетически модифицированное растение петунии, накапливающее антоцианы — производные пеларгонидина («Nature», 1987, 330, 677–678)

в возделываемые сорта мягкой пшеницы. Пшеница с голубым зерном в природе не встречается, но зато голубое зерно имеет родственник пшеницы — пырей. Скрещивая пырей и пшеницу и ведя отбор по данному признаку, селекционеры получили пшеницу с голубым зерном («Euphytica», 1991, 56, 243—258).

В этих примерах в геноме пшеницы были введены регуляторные гены. Иными словами, пшеница имеет функциональный аппарат биосинтеза антоцианов (все ферменты, необходимые для биосинтеза, у нее в порядке). Регуляторные гены, полученные от родственных видов, только запускают у пшеницы «машину биосинтеза антоцианов» именно в зерне.

Сходный пример, но уже с использованием второй группы методов манипуляции с окраской — методов генетической инженерии — это получение томатов с повышенным содержанием антоцианов («Nature Biotechnology», 2008, 26, 1301—1308, doi: 10.1038/nbt.1506). В норме спелые томаты содержат каротиноиды, в том числе жирорастворимый антиоксидант ликопин, из флавоноидов у них были обнаружены в небольших количествах нарингенин халкон (2',4',6',4'-тетрагидроксифлавонол, см. рис. 8) и рутин (гликозированный 5,7,3',4'-тетрагидроксифлавонол). Вводя в растения генетическую конструкцию, содержащую регуляторные гены биосинтеза антоцианов львиного зева *Ros1* и *Del* под управлением промотора E8, активного в плодах томата, международная группа ученых получила помидоры с высоким содержанием антоцианов — интенсивного лилового цвета (рис. 9).

Все это были примеры манипуляций с регуляторными генами. Пример использования генетической инженерии изменения окраски за счет структурных генов биосинтеза антоцианов — пионерская работа, проведенная в 80-е годы немецкими учеными на петунии («Nature», 1987, 330, 677—678, doi: 10.1038/330677a0). Впервые в истории генно-инженерными методами была изменена окраска растения.

В норме растение петунии вовсе не содержит пигментов, производных от пеларгонидина. Чтобы разобраться, почему так происходит, вернемся к рис. 7. Для фермента DFR (дигидрофлавонол-4-редуктазы) петунии самый предпочтительный субстрат — дигидромирицетин, менее предпочтительный — дигидрокверцетин, а дигидрокемпферол вовсе не используется в качестве субстрата. Совершенно другая картина субстратной специфичности этого фермента у кукурузы, DFR которой «предпочитает» как раз дигидрокемпферол. Вооружившись этими знаниями, Мейер использовал мутантную линию петунии, у которой отсутствовали ферменты F3'5'N

и F3'5'N. Глядя на рис. 7, нетрудно догадаться, что данная мутантная линия накапливала дигидрокемпферол. А что произойдет, если ввести в мутантную линию генетическую конструкцию, содержащую ген *Dfr* кукурузы? В клетках петунии появится фермент, который, в отличие от «родного» DFR петунии, способен превращать дигидрокемпферол в пеларгонидин. Именно таким способом исследователи получили петунию с нехарактерной для нее кирпично-красной окраской цветков (рис. 10).

Однако не всегда у исследователей под рукой есть такие удобные мутанты, поэтому чаще всего при модификации окраски растений приходится «выключать» ненужную ферментативную активность и «включать» ту, которая нужна. Именно такой подход был применен при создании первой в мире розы с голубой окраской бутонов (рис. 2, 11).

У роз, созданных усилиями селекционеров, окраска лепестков варьирует от ярко-красных и нежно-розовых до желтых и белоснежных. Интенсивное изучение биосинтеза антоцианов у роз позволило установить, что они не имеют F3'5'N активности, а фермент DFR розы использует в качестве субстратов дигидрокверцетин и дигидрокемпферол, но не дигидромирицетин. Поэтому при создании голубой розы ученые выбрали следующую стратегию. На первом этапе у розы «отключили» ее собственный фермент DFR (для этого применялся подход, основанный на РНК-интерференции), на втором — в геноме розы ввели ген, кодирующий функциональный F3'5'N анютиных глазок (виолы), на третьем добавили ген *Dfr* ириса, который кодирует фермент, производящий из дигидромирицетина дельфинидин — предшественник антоцианов с синей окраской. При этом, чтобы ферменты F3'5'N анютиных глазок и F3'N розы не конкурировали друг с другом за субстрат (то есть за дигидрокемпферол, рис. 7), для создания голубой розы был выбран генотип с отсутствием F3'N активности.

Еще один пример удивительных возможностей, которые открывают перед нами накопленные данные о биосинтезе флавоноидных пигментов в сочетании с методами генетической инженерии, — это получение растений торении с желтыми цветками (рис. 12).

Известно, что желтую окраску имеют два типа пигментов: ауруны, класс пигментов флавоноидной природы, которые окрашивают в ярко-желтый цветки львиного зева и георгин, и каротиноиды, пигменты цветков томатов и тюльпанов. Было установлено, что ауруны у львиного зева синтезируются из халконов при посредстве двух ферментов — 4'CGT (4'халконгликозилтрансферазы) и AS (ауреузидинсинтазы). Введение генетических конструкций с генами 4'CGT и AS львиного зева в растения торении



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

(в норме цветки у них синие) совместно с ингибированием биосинтеза антоциановых пигментов привело к накоплению аурунов, и, следовательно, цветки такого растения оказались ярко-желтыми. Подобную стратегию можно использовать для получения желтой окраски цветков не только у торении, но также у герани и фиалки («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2006, 103, 29, 11075—11080, doi: 10.1073/pnas.0604246103).

Приведенные примеры — это лишь малая доля манипуляций, которые ученые сегодня производят с биосинтезом антоцианов. Все это стало возможным благодаря исследованиям биохимической природы пигментов, а также особенностей их биосинтеза у различных видов растений, как на уровне ферментов, так и на молекулярно-генетическом уровне. Накопленный к настоящему времени багаж знаний об антоциановых соединениях открыл неисчерпаемые возможности для создания декоративных растений с необычной окраской, а также культурных видов растений с повышенным содержанием антоциановых пигментов. И хотя достижения селекции — необычно окрашенные овощи и фрукты — уже сейчас доступны покупателям в некоторых странах, декоративные растения, созданные методами генетической инженерии, пока еще редки. Из-за ряда нерешенных трудностей, таких, например, как стабильность наследования модифицированной окраски, они еще не коммерциализированы (за исключением некоторых сортов петунии, голубой розы, лиловой гвоздики). Однако работа в этом направлении продолжается. Будем надеяться, что в скором времени появятся радующие глаз «чудеса науки», доступные всем любителям прекрасного.

**Что еще можно почитать об антоцианах**  
**Карабанов И. А.** Флавоноиды в мире растений. — Минск: Ураджай, 1981.

**Andersen O. M., Jordheim M.** The anthocyanins // Andersen O. M., Markham K. R. (Eds.). Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications. — Boca Raton, FL: CRC Press, 2006, 452—471.

**Moi J., Grotewold E., Koes R.** How genes paint flowers and seeds // Trends Plant Sci. 1998, 3, 212—217.

**Протез щитовидки**

*Стволовые клетки помогли вылечить мышь с ослабленной щитовидной железой.*

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
11 октября 2012 года

Если у человека плохо работает щитовидная железа (а это случается у одного из 3000 новорожденных, не считая людей, пострадавших от рака этого органа), то человек страдает от нехватки гормонов и всю жизнь должен принимать лекарства. Тканевая инженерия в принципе позволяет решить эту проблему, а исследователи из Свободного университета Брюсселя во главе с Сабиной Костальёлло уже добились успеха в опытах на мышах. Они создали протокол, согласно которому в недифференцированных стволовых клетках удавалось индуцировать два гена, после чего клетки превращались в предшественников тироцитов — производящих гормоны клеток щитовидной железы. Уже в чашке Петри клетки сформировали вполне работоспособную ткань. Когда же их подсадили больной мыши, через месяц у нее полностью восстановился уровень этих гормонов в крови, а также исчезли симптомы их недостаточности.

Сейчас исследователи разрабатывают аналогичный протокол для человеческих клеток, причем источником стволовых клеток послужат перепрограммированные клетки кожи.

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

**О пользе витамина**

*Если витамина D в крови мало, то атеросклероз развивается быстрее.*

«Journal of Biological Chemistry», 2012,  
287, 46, 38482—  
38494

Витамин D американские ученые исследуют тщательно и с разных сторон, в частности потому, что он, возможно, способствует выработке инсулина у больных диабетом второго типа. Биохимики из Вашингтонского университета в Сент-Луисе во главе с Карлосом Бернал-Мицраки решили проверить, а не влияет ли он еще и на атеросклероз. Один из механизмов образования атеросклеротических бляшек у больных диабетом таков. Белые кровяные клетки, моноциты, достигнув места воспаления с током крови, превращаются в макрофагов. Те перестают перемещаться и оседают на стенке сосуда, в этих местах начинает откладываться холестерин. Вырастает бляшка, перекрывающая движение крови. Результат — высокое давление и сердечная недостаточность.

Исследователи отобрали 43 человека с диабетом и 25 здоровых, изучили состояние их артерий и сравнили с такими параметрами, как содержание витамина D в крови, уровень холестерина, вес, раса, кровяное давление, методика лечения диабета. Связь удалось выявить лишь с первым: оказалось, что 30 нг витамина на миллилитр крови — критический уровень: если он ниже, то макрофаги активно заселяют стенки сосудов с понятными последствиями. Теперь исследователи хотят выяснить: если регулярно принимать витамин D, удастся ли предотвратить образование бляшек, а то и вызвать их исчезновение? На вопрос же, что является первопричиной образования бляшек, оседание макрофагов или потребление жирной пищи, насыщающей кровь холестерином, они не отвечают.

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

**Взгляд—управляемые очки.**

*Листать страницы на дисплее в виде очков можно движением глаз.*

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
12 ноября 2012

Очки-дисплей уже созданы. Смотрят сквозь них, например, так: если нужно разглядывать реальный мир, не предпринимая никаких усилий, чтобы уйти в мир компьютерных грез, расфокусируют глаза, как будто для взгляда за горизонт. Система отображения из прозрачных органических светодиодов специально сделана так, чтобы картинка появлялась при определенном фокусном расстоянии.

Однако до сих пор управлять изображением на стекле очков, скажем, листать страницы книги, приходилось руками — с помощью джойстика. Инженеры из Фраунгоферовского центра органических, материальных и электронных устройств в Дрездене (руководитель группы — доктор Риго Герольд) освободили руки пользователя. Они разместили на линзе очков среди светодиодов дисплея фотодетекторы. Приделанная к дужке микросхема размером в сантиметр принимает от них сигнал и определяет направление взгляда. Если он задерживается на клавише со стрелкой, то страница перелистывается.

Предполагается, что такое устройство станет полезным для техников, которые одновременно копаются в испортившемся механизме и смотрят его схему в руководстве пользователя. А может быть, отмечают авторы работы, новые очки пригодятся и хирургу, и позволят ему заглядывать в учебник, не прекращая манипуляций со скальпелем.

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

**Золото на жире**

*Отпечатки пальцев проявят с помощью золота*

«Angewandte Chemie International Edition»,  
2012, 51, 49, 12224;  
doi: 10.1002/anie.  
201205259

Чтобы проявить отпечатки пальцев, оставшиеся на банкноте, записке, билетике или пачке сигарет, криминалисты используют препарат с золотыми частицами. Он реагирует с аминокислотами, содержащимися в поте, и воспроизводит картинку папиллярных линий, поскольку пот распределен между на них неравномерно. Однако и бумажка на месте преступления могла намочнуть (тогда аминокислоты с отпечатков пальцев смываются), и состав пота подвержен сильным колебаниям, которые трудно учесть при расшифровке изображения. В общем, этим методом удастся четко распознать следы подозреваемого меньше чем в половине случаев.

Исследователи из иерусалимского Еврейского университета во главе с профессорами Йосси Альмогом и Даниэлем Недлером предложили другой путь. В отпечатке пальца помимо следов пота есть еще и следы жира. Это себиум — специальное вещество, выделяемое жировыми железами, которое предотвращает высыхание кожи и волосков. Там, где кожа касалась бумаги, частицы этого вещества есть, промежутки же чисты. Именно к ним прикрепляются частицы золота в новом препарате. А последующее проявление изображения серебряным препаратом дает негативное изображение отпечатка пальца. Этот метод оказывается надежнее, поскольку не зависит от компонентов пота, а кроме того, отпечатки даже с мокрой бумаги становятся различимыми — вода ведь не смывает жир.



**Энергия  
воздушного  
змея**

*Чтобы поймать ветер на большой высоте, можно запустить туда змея.*

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
12 ноября 2012 года

**К**айтинг — катание, например, на водных лыжах за воздушным змеем — становится модным видом спорта. «На том же принципе можно сделать энергосистему», — считает Иохим Монтнакер из Фраунгоферовского института промышленной инженерии и автоматизации. В его конструкции змеи, запущенные на большую высоту, двигают по кругу закрепленные на рельсах тележки, а те, в свою очередь, вращают турбину. Главное достоинство идеи в том, что на высоте 500 метров почти всегда дует ветер скоростью более 75 км/ч — куда более сильный, чем на меньших высотах, до которых дотягиваются лопасти ветряной турбины. Змею не требуется мощной опоры, зато нужен длинный легкий канат с достаточно сложной автоматической системой управления полетом.

Расчет показывает, что восемь воздушных змеев с суммарной площадью поверхности 300 м<sup>2</sup> смогут заменить двадцать ветряков мощностью в 1 МВт. Это соответствует потребности в электроэнергии 30 тысяч домов. Первые опыты по управлению полетом змея уже прошли в земле Мекленбург — Западные Померания и были признаны достаточно успешными для продолжения работы.



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

**Зараза с юга**

*Геморрагическую лихорадку распространяют птицы.*

«Emerging Infectious Diseases», декабрь 2012; doi: 10.3201/eid1812.120718

**В**ирус геморрагической лихорадки Крым — Конго, от которой умирает каждый третий заболевший, переносит клещ рода *Nyalomma*: если он кого-то укусит, тот заболеет сам, а может и заразить какое-то другое млекопитающее, находящееся вблизи. Такой клещ — существо теплолюбивое, низкие температуры ему не по душе. Однако с каждым годом лихорадка смещается все дальше на север. Возникает вопрос: кто доставляет туда клещей?

Поиском ответа занялись шведские ученые. Два года они ловили перелетных птиц, пролетавших над Италией и Грецией в Центральную Европу, и смотрели, прячутся ли в их пухе клещи. Всего было обследовано почти 15 тысяч птиц 30 разных видов, у которых нашли 747 клещей. И у одной маленькой птички, красноголового сорокопуга (у нас он летом гнездится в Дагестане), все три клеща оказались носителями вируса лихорадки, происходящего из Африки. Значит, сорокопуги могут занести заразу на север. «Впервые нам удалось найти опасных клещей у перелетной птицы», — отмечает Эрик Соланек, один из авторов исследования. — Это дает принципиально иную картину распространения заболевания, ведь такими клещами может быть поражена целая популяция млекопитающих». Особенно неприятно, что с развитием потепления клещам на севере живется все комфортнее. Если вспомнить о других болезнях, переносимых ими, — энцефалите и боррелиозе, стоило бы задуматься о государственной программе полного уничтожения опасных клещей, как это было во время окончательного решения малярийного вопроса в нашей стране

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

**Борьба с муко-  
висцидозом**

*В Англии проходят испытания генетического лекарства от муковисцидоза.*

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
14 марта 2012 года;  
<http://www.cfgenetherapy.org.uk>

**П**ричина муковисцидоза — мутация в гене одного из белков мембраны клеток слизистой оболочки. Этот белок участвует в регуляции обмена воды и минеральных солей между клеткой и окружающей ее средой. В результате слизи, покрывающая поверхность легких и протоки поджелудочной железы, сгущается, что приводит к болезням легких и проблемам с пищеварением, а также с выработкой инсулина. Ежегодно в мире рождается около 90 тысяч человек с этим заболеванием, которые обречены на пожизненный прием лекарств.

Очевидно, что прямой путь лечения болезни, вызванной мутацией, — генная терапия. В данном случае — доставка в клетки слизистой оболочки генетического материала, кодирующего правильный белок. Такие лекарства находятся в стадии разработки, и, в частности, британский Консорциум по борьбе с муковисцидозом, базирующийся в Лондонском королевском колледже, приступил в 2012 году к испытаниям с участием 130 добровольцев разного возраста. В течение года они раз в месяц вдыхают препарат упакованных в оболочку из жира частиц ДНК, компенсирующих мутацию в седьмой хромосоме. Кроме того, небольшая группа добровольцев будет получать препарат в виде вирусных частиц; у них выше способность доставлять ДНК в клетки, но в то же время выше и опасность каких-либо непредвиденных последствий. Предполагается, что испытания закончатся в 2014 году, а информация об их ходе появляется на сайте консорциума.

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

**Лазер питает  
сам себя**

*Охлаждая лазер, можно дать ему энергию.*

«Physical Review Letters», 2010,  
109, 193601; doi:  
10.1103/PhysRevLett.  
109.193601

**В**так называемых каскадных лазерах электроны по туннельным переходам перемещаются между полупроводниковыми слоями и испускают когерентные фотоны, которые в конце концов становятся лазерным лучом. Однако в своем путешествии электроны сталкиваются с другими частицами, и микросхема нагревается. Ее приходится охлаждать.

Аспиранты Инсбрукского университета Катрин Зандер и Гельмут Ритш построили теорию, которая позволяет обратить это тепло на благо. Согласно теории, нужно разделить горячие и холодные слои. В первом из них электрон будет приобретать энергию и благодаря ей пересекать границу слоев. Попав же в холодный, он испустит фотон. Расчет показывает, что при этом случится поглощение фонона — кванта колебаний кристаллической решетки, и она охладится. «Когда мы внимательнее присмотрелись к полученным результатам, оказалось, что одной лишь энергии таких фононов может хватить для генерации лазерного луча», — отмечает Катрин Зандер. — Получается, что подобный лазер, будучи запущенным, станет работать без внешнего источника энергии. Если удастся подтвердить теорию экспериментом, возникнет новое направление в технике».



## Газ XXI века?

*На флогистоне ездили автомобили, бездымно работали заводы... Запасы флогистона обнаружались везде — в Штатах, в Африке и даже в Антарктиде... — не было его только на исламском Востоке и на всей российской территории... Честно говоря, Плоскорылов ненавидел флогистон. Он не до конца в него верил. Это явно было хазарское изобретение... Оставалось только понять, как на этой грандиозной ЖДовской лжи крутятся моторы.*

Дмитрий Быков. ЖД

Разговоры о скором, в течение нескольких десятилетий, исчерпании углеводородов ведутся не одно десятилетие, однако и потребление, и добыча, и объем разведанных запасов этих полезных ископаемых устойчиво растут. Более того, трезвомыслящие экономисты утверждают, что на самом деле та же нефть не кончится никогда. А вот что может кончиться, так это нефть или газ с определенной себестоимостью, после чего либо откроются перспективы каких-то новых источников, либо состоится переход на другие энергоносители и химическое сырье, сегодня нерентабельные. Так проблема исчерпания углеводородов становится из научно-технической — экономической. Размер же тех запасов, которыми располагает цивилизация, оказывается зависящим прежде всего от появления новых, более выгодных методов добычи. Любой прорыв в этом направлении может резко изменить



© Mtphotostock | Dreamstime.com



РЕСУРСЫ

превращали в газ и жидкость — сланцевое масло, подобное нефти. Оставшаяся зола шла на производство цемента или оказывалась вместе с пустой породой в отвалах. Вообще, в горючих сланцах, которые изобильно разбросаны по миру, содержится в 10 тысяч раз больше углерода, чем в угле, и в миллион раз — чем в нефти (см. «Химию и жизнь», 1981, № 3). Однако и газ, и нефть из них получаются дорогими, урон окружающей среде из-за большого количества отходов немалый, и после распада СССР, когда восходящая еще к плану ГОЭЛРО идея о приоритетном использовании местных ресурсов была отвергнута, интерес к горючим сланцам в нашей стране иссяк. Газоносные сланцы — это совсем другая порода, речь о которой пойдет ниже.

В США идея использовать горючие сланцы в качестве местного, не зависящего от мировой конъюнктуры источника углеводородов, в последний раз появилась в середине 70-х годов, когда в капиталистическом мире бушевал нефтяной кризис. Его урегулирование и снижение цен на нефть, а соответственно и на газ, вновь перевели сланцы в разряд бесперспективного сырья. Тут надо напомнить, что США — богатейший нефтеносный район мира и вплоть до 1949 года полностью обеспечивали собственные нужды в нефтепродуктах. Однако потом потребность стала расти быстрее, и так было до 2005 года, когда США прошли пик импорта нефти и нефтепродуктов. С тех пор объем импорта упал с 60% потребления до 45%. При этом производство нефти в США выросло на 24%, потребление же ввиду общего спада и внедрения альтернативных видов топлива — упало на 9%. В общем, сейчас американская экономика употребляет в день 18,8 миллионов баррелей сырой нефти.

Возникновение зависимости от иностранцев сразу же насторожило руководителей страны. Борьбу с импортом энергоносителей начал уже Гарри Трумен, занимавший пост президента с 1945 по 1953 год. Он призвал повысить добычу нефти внутри страны, в частности за счет переработки горючих сланцев. Добыча нефти действительно начала резко расти, но импорт рос не менее быстро. В 1958 году президент Дуайт Эйзенхауэр пошел на прямые запретительные меры, введя квоту на использование импортной нефти в производстве нефтепродуктов на каждом заводе. Эта мера продержалась 11 лет, пока в 1969 году цены на нефть не начали подниматься, а добыча в США, достигнув пика, не пошла на спад. В 1974 году политика квот рухнула, Ричард Никсон заменил ее ввозными пошлинами, которые из-за арабского кризиса составили лишь несколько центов. Именно тогда случилось то, чего все американские руководители так боялись: в 1973 году арабы, потерпев поражение в войне Судного дня, ввели запрет на поставку нефти в страны, поддержавшие Израиль, и в первую очередь в США.

Запрет больно ударил по экономике США и по американскому обществу. Шутка ли, в самой автомобильной стране мира были введены ограничения на покупку бензина, по воскресеньям автозаправки вообще не работали! Экономические же неурядицы — почти мгновенный четырехкратный рост цен на энергоносители не мог не сказаться на всей промышленно-

экономическую ситуацию в мире. Отечественные пессимисты говорят, что это и будет следствием американской сланцевой революции, оптимисты же называют газ из сланцев блефом. Представление о ситуации можно составить на основании дискуссий участников IX Московского международного химического саммита (ноябрь 2012 года), за которыми внимательно следил корреспондент «Химии и жизни» **С.М. Комаров**.

## Нефть и эмбарго

Сланец сланцу рознь. До начала 80-х годов XX века были хорошо известны горючие сланцы. В СССР их добывали главным образом в Эстонии и Ленинградской области, а использовали как источник топлива и для получения химического сырья. Содержащиеся в них органические вещества перегонкой

сти и транспорте — привели к тому, что окончание правления Джимми Картера (1977—1981) ознаменовалось инфляцией в 15% годовых. Наученные горьким опытом, американские руководители залили в соляные пещеры в центре страны запас нефти, которого хватит на компенсацию потерь от прекращения импорта в течение не менее трех месяцев, — 700 миллионов баррелей. С тех пор запас раскупоривали трижды: во время войны в Персидском заливе 1990—1991 годов, ураганов Катрин и Рита в 2005-м и войны в Ливии 2011 года.

Чтобы смягчить проблему нехватки нефти и загрузить мощности по ее переработке, Никсон в 1975 году ввел запрет на экспорт сырой нефти, который действует до сих пор. В 1990 году Джордж Буш-старший ввел новые ограничения, запретив добычу нефти на большей части шельфа (при этом предложив начать нефтедобычу на заповедных землях Аляски). Как бы то ни было, добыча нефти в США, которая стабильно росла в период с конца XIX века до 1969 года, упала к 2009 году по сравнению с пиком почти на 50%. А затем начался новый рост.

## Новый американский газ

С газом ситуация несколько иная: при потреблении в 2010 году 675 миллиардов м<sup>3</sup> страна импортировала всего 100 миллиардов м<sup>3</sup> и треть из них возвращала туда же, где и покупала, — в Канаду. Сжиженный же американский газ в небольшом количестве поступает в Японию, а танкеры с газом, купленным у Тринидада и Тобаго или у арабов, прямиком направляются в Корею и Китай. Значит, здесь особой зависимости от поставок энергоносителей нет.

Однако Джеральд Форд, наследовавший президентское кресло после импичмента Никсону, и его преемник Джимми Картер хоть и принадлежали к противоположным политическим партиям, оба считали, что для ослабления нефтяной зависимости страны можно идти также обходным путем: частично заменить нефть природным газом. Они стали финансировать работы, направленные на интенсификацию газодобычи, в том числе из нетрадиционных источников. Тогда и была в очередной раз реанимирована идея переработки горючих сланцев, впрочем вскоре вернувшаяся в состояние летаргического сна. А вот со сланцевым газом история получилась более интересной.

Для возникновения месторождения углеводородов нужно заключить слой органики в проницаемую среду, например песчаную (коллектор), окружить его непроницаемыми слоями глинистой породы, а потом подогреть более или менее продолжительное время. В зависимости от возраста, температуры и глубины залегания эта органика или полностью превратится в газ, или сохранит какие-то промежуточные формы — нефть, газовый конденсат или так называемый жирный газ, содержащий не только метан, но этан, пропан и бутан. Пробурив скважину сквозь запирающий слой, можно относительно легко выкачивать из коллектора нефть и газ.

Однако материал коллектора может оказаться труднопроницаемым, каменистым. В нем тонкие слои глины перемежаются тонкими слоями органики или же органика размещена в толще твердого песчаника. Это и будет сланец. Тогда продукты распада органики окажутся заключенными в порах, каких-то несплошностях, адсорбированными на поверхности частинок и глинистых частиц. Чтобы добыть эти продукты, требуется пробурить огромное количество скважин, каждая из которых даст урожай лишь с малой толики поля. Экономическая бессмысленность такого подхода очевидна, потому никто и не рассматривал всерьез перспективы добычи газа и нефти из сланцев, хотя они занимают поля огромной протяженности, не в пример традиционным месторождениям. Эти-то поля и заинтересовали борцов за американскую независимость от импорта энергоносителей, благо оценки показывают, что запасы газа в них исчисляются сотнями триллионов кубометров.

В 1976 году Моргантауновский центр энергетических исследований — лаборатория государственного Бюро горного дела — начал Восточный проект сланцевого газа. Целью проекта было изучить возможности извлечения газа из сланцев и других нетрадиционных источников. Наиболее перспективными считались Девонское поле в Новой Англии и Барнетт овские сланцы в Техасе.

В проекте приняли участие многие университеты, частные компании и такие гиганты американской науки, как национальные лаборатории в Лос-Аламосе, Ливерморе, Лоуренсовская и Сандийская лаборатории. Они занимались расчетами и готовили демонстрационные проекты по извлечению газа из различных нетрадиционных источников.

Вскоре к проекту присоединилось Министерство энергетики США, которое совместно с другими федеральными агентствами, как на уровне штатов, так и на уровне всей страны, в течение тридцати лет щедро финансировало отработку технологии. Именно с его помощью в 1977 году в Колорадо впервые был произведен массивный гидроразрыв пласта для извлечения газа. Основными направлениями финансирования были сама по себе технология горизонтального бурения, совершенствование буровой техники, а также создание методик для построения трехмерных карт на основании микросейсмических данных. Как отмечает американские энергетики, если бы не помощь министерства «неперспективной» теме, не было бы сейчас на рынке США газа ни из сланцев, ни из твердых песков, ни из угольных месторождений. В 1986 году впервые и опять же за государственный счет был произведен успешный множественный гидроразрыв пласта. Однако время добычи еще не наступило.

Прорыв связан с именем техасца Джорджа Митчелла, который основал компанию «Митчелл Энерджи». Именно он в 80-х годах сумел воспользоваться данными картирования сланцевых залежей, которое провело Министерство энергетики, чтобы понять, как все устроено в техасских недрах. Он образовал союз с Министерством энергетики и финансируемым из госбюджета Институтом газовых исследований для разработки Барнетт овских сланцев (из них сейчас добывают 6% всего природного газа США). Результат предъявили в 1997 году: применив на практике новый способ гидроразрыва «скользящей» водой Митчелл наконец-то получил сланцевый газ, себестоимость которого оказалась достаточно низкой, чтобы рассматривать его как потенциальный товар, а не курьез экономики, перевернутой вверх тормашками за счет дотаций. «Скользкой» воду делают всевозможные добавки вроде акриламида, поверхностно-активных веществ, биоцидов и прочего, в результате чего сопротивление течению воды падает и скорость ее прокачки возрастает раза в два.

## Вертикальный ствол, боковые рукава

Что это за технология? Сначала геологи тщательно выясняют, как залегают слои пород в районе предполагаемого бурения. Затем выбирают наиболее перспективный слой и бурят вертикальную скважину. Дойдя до центра слоя, скважину поворачивают вбок и начинают проходку вдоль него. Глубина вертикального ствола в США составляет примерно 2 км, бокового — от 300 м до 1 км.

Затем в скважину помещают трубу, заполняют ее бетоном так, чтобы тот весь вылился из противоположного конца, упирающегося в непробуренную породу, и залил все пространство между стенками трубы и скважины. Закончив герметизацию, в трубе делают отверстия, после чего закачивают в скважину воду с песком, а также с различными химикатами, зачастую ядовитыми. Проступая сквозь дырки в трубе, вода разрушает породу, а песок заполняет получившиеся трещины, предотвращая обрушение. Сквозь него газ и сопровождающие его углеводородные жидкости (если таковые



в пласте имеются) легко просачиваются к трубе. Далее вход в дырявую часть бетонируют и операцию повторяют. Сделав несколько гидроразрывов вдоль всего бокового ствола, бетонные пробки удаляют и качают выделяющиеся сквозь трещины углеводороды, пока те не кончатся. Потом операцию можно повторить. Считается, что хорошая скважина прослужит десятилетия. Этим способом удастся выбрать отнюдь не все запасы пласта, но гораздо больше, чем одиночной вертикальной скважиной. К тому же от одного вертикального ствола можно провести много боковых.

Еще одна отличительная черта сланцевой газодобычи — быстрое бурение: новую скважину можно сделать за считанные месяцы, а то и недели, что позволяет гибко реагировать на рыночную конъюнктуру и быстро наращивать объемы добычи. Например, только в 2006 году число скважин на сланцевых полях США, по данным компании «Халибертон», превышало 35 тысяч. Благодаря множественному боковому бурению впоследствии возник «сланцевый парадокс»: добыча растет, а число скважин сокращается. Тем не менее ожидается, что в ближайшие десятилетия в США пробурят около сотни тысяч новых скважин, и это вызывает опасения как у «зеленых», так и у ответственных работников.

Вообще говоря, гидроразрыв применяют уже более полувека для повышения нефтедобычи; во всем мире к этому методу прибегали около миллиона раз. Есть мнение, что это варварский метод обращения с полезными ископаемыми, поскольку он дает возможность увеличить их выход из скважины лишь на короткое время, зато потом разрабатывать все месторождение гораздо сложнее. Другое обвинение — велика опасность загрязнения грунтовых вод химикатами, содержащимися в воде, которой разрывают пласт. На это же нефтяники говорят, что ни в одном из миллиона случаев загрязнения не произошло, а концентрация опасных веществ в этой воде исчисляется долями процента. Более взвешенным представляется мнение, что все зависит от глубины, на которой происходит гидроразрыв. При неглубоком залегании, в первой сотне метров от поверхности Земли, опасность загрязнения выглядит реальной. А вот при разрывах на километровой глубине и ниже опасности уже нет, поскольку скважинные воды на такой глубине с грунтовыми никак не сообщаются. Однако часть из тех десятков тысяч тонн воды, что закачивали в скважину для гидроразрыва, а также глубокой воды, могут не разойтись по внутренним слоям породы. Тогда их придется откачивать. Эти воды загрязнены не только химикалиями, добавленными по технологическим причинам, но и растворенными газами, и природными радиоактивными элементами — радием и ураном.

В промежуточном докладе подкомитета по сланцевому газу советского энергетического совета Минэнерго США от 18 августа 2011 года отмечено, что поступление этой воды на поверхность существенно зависит от типа месторождения. Так, в техасском месторождении Истерн Форд вся закачанная вода остается внутри сланца, в месторождении Маркелус в Новой Англии на поверхность попадает от 20 до 40% воды, а в месторождении Барнетт есть риск появления соленой воды с глубины. Выливать возвратную воду запрещено, но ее можно повторно использовать (что и происходит с 90% воды в Новой Англии), или закачивать в заброшенные скважины, или очищать, а осадок утилизировать. Поскольку всегда возможны утечки воды из-за неправильной эксплуатации скважины, подкомитет предписал обязательно формировать заградительный буфер, препятствующий попаданию скважинных вод в источники питьевой воды. Для понимания возможного ущерба компании должны публично раскрыть составы добавок к воде для гидроразрывов, а агентства, ответственные за охрану окружающей среды, — на основании наблюдения за работой имеющихся скважин определить правила обращения с водой и добиться их исполнения. Аналогичные



рекомендации даны и по контролю чистоты воздуха в местах добычи, тем более что там не раз замечали чрезмерное загрязнение как метаном (пока не ясно, что это — следствие гидроразрывов или утечки из скважины), так и выхлопами от дизельных двигателей, применяемых при бурении. От последних рекомендовано вообще отказаться. Серьезных исследований требует и определение вклада сланцевого газа в выбросы парниковых газов. В подкомитете считают, что обеспечив обмен информацией о лучших методах добычи сланцевого газа между компаниями можно свести ущерб для окружающей среды и здоровья населения к минимуму.

## Сланцевая экономика

Долго ли, коротко ли, в начале 90-х годов первые газовые скважины на американском сланцевом поле заработали. Обстановка добыче сланцевого газа не способствовала. Вслед за тучными для стран-нефтедобытчиков 70-ми годами пришли скудные 80-е, к концу которых цена на нефть резко упала. Злые языки поговаривают, что это было вызвано не столько перепроизводством нефти, сколько договоренностью между США и Саудовской Аравией о координации усилий по дестабилизации СССР, прочно севшего к тому времени на нефтяную иглу. Действительно, после того как крах социалистической системы стал необратим в середине 90-х, цены продолжили свое триумфальное восхождение, с лихвой окупив нефтедобытчикам потери 80-х. Тогда-то и настало время массовой добычи сланцевого газа в США, ведь чтобы она при своей дороговизне стала рентабельной, мировые цены на углеводороды должны были перейти некий рубеж.

Поначалу ее развитие (возможно, поощряемое все тем же Министерством энергетики) шло небыстро. Если в 2000 году было добыто 11 миллиардов м<sup>3</sup> газа на двух сланцевых полях: на юге в Техасе и на северо-востоке — Мичигане, Огайо и Индиане, то спустя пять лет добыча лишь удвоилась, а разработка новых полей и не начиналась. Следующее удвоение случилось гораздо быстрее — всего через два года, в 2007 году, а к 2012-му выросла почти в десять раз, достигнув 251 миллиарда м<sup>3</sup> — треть от годовой потребности страны в природном газе. В разработку были взяты новые поля по всей территории США: в Техасе, Луизиане, Оклахоме, Арканзасе и Пенсильвании. Цена газа поползла вниз, уменьшившись за пять лет более чем на 65%: в 2008 году она превышала 300 долларов за кубический метр, а в 2012 держалась в интервале 70—95 долларов. Импорт газа за этот же период упал на 40%, и это при росте общего потребления газа на 15% и его затрат на выработку энергии на 25%. Подобные сдвиги в энергобалансе самой развитой страны планеты неизбежно затрагивают весь мир, отсюда и термин «сланцевая революция».

## Реиндустриализация

Главное, что волнует теперь экономистов, — себестоимость добычи. Специалисты утверждают, что вычленив из отчетных документов американских компаний данные о реальной себестоимости добычи нелегко, поэтому оценивают ее с раз-

бросом от 50 до 100 долларов за тысячу м<sup>3</sup>. Это существенно больше стоимости добычи на наших месторождениях, которая составляет несколько долларов. Однако в расчеты рентабельности всего сектора следует добавлять стоимость инфраструктуры доставки до потребителя. Строительство трубопровода стоит дорого, а оценить срок службы сланцевого месторождения пока что сложно, поскольку статистика еще не набрана. Считается, что затраты могут окупиться при поставке этого газа на расстояние сто — двести километров. Так возникает ограничение, связанное с числом местных потребителей и их платежеспособным спросом. Видимо, это ограничение уже вступило в действие, коль скоро цены на газ в США стабильно снижаются и уже упали ниже критического значения в сто долларов, когда добыча сланцевого газа становится нерентабельной. Действительно, многие компании сообщают об убытках, о сокращении добычи и продажи производственных активов. Другие упорно продолжают добычу, чтобы не потерять лицензию на разработку месторождения. Третьи заранее обезопасили себя, заключив многолетние контракты. В моменты резкого роста цены на газ, в 2008 году, они имели упущенную выгоду, теперь же обеспечивают себе рентабельность. Однако по истечении контрактов эти компании рискуют попасть в кабальную зависимость, ведь проделывать их придется по нынешним низким ценам.

Ситуацию мог бы спасти экспорт газа по мировым ценам, и такие попытки предпринимаются, однако правительство США имеет свои виды на газ и не считает продажу нужной, ведь для экономики низкая цена на него — серьезное облегчение. Поэтому разрешения на экспорт газа перемещаются по административным кабинетам с трудом, и пока никто успеха не добился.

Казалось бы, складывается безнадежная ситуация, которая позволяет скептикам заявить: мы были правы, сланцевая революция — блеф, не может такой дорогой газ быть конкурентоспособным в нормальных рыночных условиях; чуть цены упадут, все труды пойдут насмарку. Это было бы верно, не будь в рукаве у сланцевых революционеров пары козырей.

Первый — реиндустриализация страны. Если газ нельзя вывезти, если потребность в электроэнергии по конкурентоспособной цене удовлетворена, тогда надо использовать излишки для производства. На химический завод газ можно отпустить по себестоимости, обеспечив снижение стоимости готовой продукции. Такая политика уже приводит к реальным успехам: участники ММХС отмечали, что еще два года назад объем ввоза в Россию китайского поливинилхлорида составлял половину нашей потребности — 500 тысяч тонн, а теперь 400 тысяч тонн привозят из США. Разница в цене на свой и покупной газ, как видно, сумела успешно покрыть расходы на содержание недешевой американской рабочей силы. А разреши американцы легко продавать газ тому же Китаю по выгодным ценам, получилось бы как у нас: главный отечественный завод по производству ПВХ, «Саянскимпласт», работает вполсилы из-за того, что в стране нет газпромовского газа для химиков — он весь ушел на экспорт.

Второй козырь — это сопутствующие товары: нефть и жирный газ: доля метана в таком газе может быть и 90%, и 55%. Бывает еще и нефтеподобный конденсат, не на каждом месторождении, но на многих. Нефть сама по себе при своей нынешней высокой цене может окупить все затраты на добычу сланцевого газа и даже привести его себестоимость к нулю, поэтому сейчас усилия компаний направлены на поиски и разработку именно таких, комплексных, месторождений. Как отмечено в докладе Исследовательской службы Конгресса США от 4 апреля 2012 года, с 2005 года, когда импорт нефти прошел свой максимум, ее добыча в стране выросла на четверть — до 9,2 миллиона баррелей в день в 2011 году, — причем две трети роста, 1,2 миллиона баррелей, обеспечили

именно нефть и газовый конденсат, сопровождающие сланцевую газодобычу. Есть мнение, что в недалеком будущем США превратятся в экспортера не только газа, но и нефти, переплюнув по ее добыче Саудовскую Аравию.

Жирный газ вносит в сланцевую экономику свою лепту, ведь он содержит ценное химическое сырье — этан, пропан, изобутан и другие углеводороды. В жирном газе (90% метана) их стоимость может сравниться со стоимостью основного вещества, а в очень жирном, где доля метана не больше 80%, и превышать ее в три — пять раз, благодаря чему его цена окупаемости оказывается отрицательной без всякой помощи нефти. В 2012 году из добытых 253 миллиардов м<sup>3</sup> сланцевого газа было выделено 22 миллиона тонн этана, а в 2017 году при прогнозируемом росте добычи на 10% извлечение этана увеличится на 46% и составит 32 миллиона тонн. Поговаривают, что для обращения с такими количествами попутных веществ американцы уже используют неведомые нашим газовикам устройства — этанопроводы. Объем попутного пропана тоже немал — примерно на пятую часть меньше объема этана. Все эти миллионы тонн доставшихся бесплатно ценных газов превратятся в ходовые полимеры — этилен и пропилен, в еще большей степени повышая рентабельность сланцевого газа и насыщая соответствующий сегмент рынка.

С учетом того, что США собираются поставлять сжиженный газ в Латинскую Америку, нефть прекращают закупать у арабов, а на рынке полимеров конкурируют с китайцами, вся эта история, казалось бы, не должна затрагивать нас непосредственно. Но лиха беда начало: сланцевый газ уже покрывает треть потребности США, а добыча традиционного газа сворачивается. Началось все с идеи об энергетической безопасности — той самой, которой увлечены основные покупатели российского газа, страны Евросоюза. У них тоже имеются немалые запасы сланцевого газа. Есть мнение, что евросоюзовский сланцевый газ обойдется еще дороже, чем американский, и окажется разорительным. Однако и 100, и 200 долларов себестоимости все равно будут меньше тех 250—400 долларов за тысячу кубометров, по которым Газпром сейчас продает русский газ за рубеж. По американской схеме — реализация сланцевого газа близко к себестоимости для местных энергетических нужд и реиндустриализации — все равно получится выгода по сравнению с нашим, трубопроводным. Комплексное же использование жирного газа и нефти еще улучшит экономические показатели европейского сланцевого проекта.

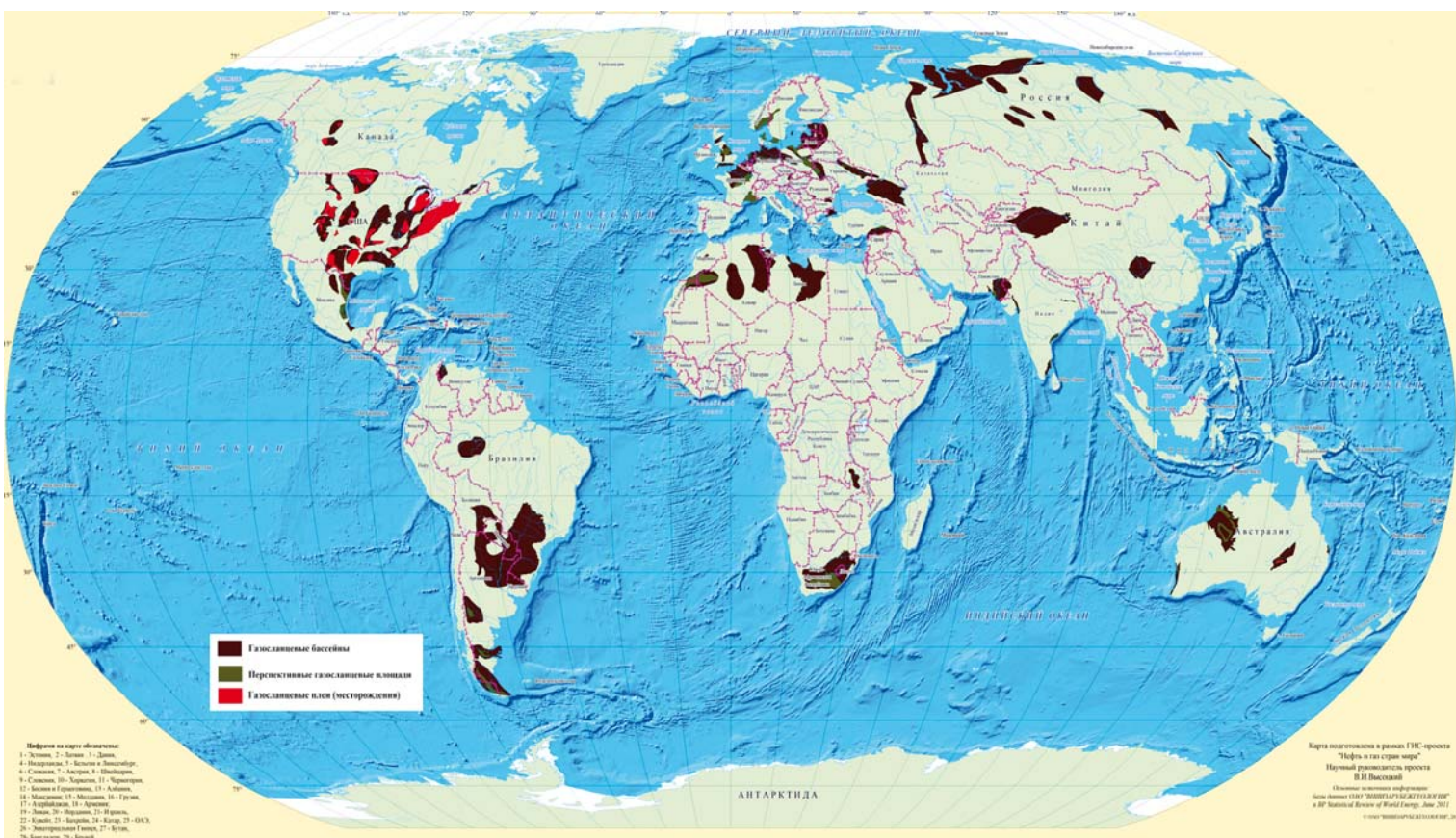
Конечно, потребуются значительные вложения в создание новых отраслей промышленности, связанных с добычей и переработкой газа. Однако когда речь идет о безопасности, средства находятся даже у самого бедного государства. Да и Китай, начинающий разработку своих сланцевых запасов с планом выйти к 2020 году на уровень 128 миллиардов м<sup>3</sup> в год (более трети планируемой общей потребности и почти в два раза больше, чем Газпром шестой год пытается продать Китаю), возможно, сумеет существенно понизить себестоимость промышленной продукции. Так история фантастического флогистона из поэмы Дмитрия Быкова «ЖД» может обрести черты реальности.

**При подготовке были использованы материалы докладов на IX Московском международном химическом саммите:**

**В.И.Высоцкий.** Газовый потенциал сланцевых формаций мира.

**С.И.Мельникова.** Специфика экономики сланцевой газодобычи.

**Л.И.Трусов, В.Ф.Флид.** Сланцевая революция на мировом рынке углеводородов.



# Сланцы мира

Определить запасы сланцевого газа очень трудно, поскольку под этим общим названием скрывается большое разнообразие геологических образований с различной способностью отдавать заключенные в них углеводороды. Поэтому оценки запасов таких углеводородов различаются в разы. Принято считать, что мировые ресурсы извлекаемого сланцевого газа составляют 114—200 триллионов м<sup>3</sup>, хотя некоторые исследователи называют и 500 триллионов м<sup>3</sup> (Для справки: мировые запасы газа из традиционных источников составляют 560—695 триллионов м<sup>3</sup>, то есть при годовом потреблении около 1—2 триллионов м<sup>3</sup> их должно хватить на столетия.)

На карте, подготовленной в рамках ГИС-проекта «Нефть и газ стран мира» под руководством В.И.Высоцкого, обозначены газоносные сланцевые бассейны. Самые большие извлекаемые запасы сосредоточены в Северной Америке — 54,6 триллионов м<sup>3</sup>, Азии — 39,3 и Южной Америке — 34,6. Далее идут Африка — 29,5, Европа — 16,9 и Австралия — 11,4. Если же смотреть

по странам, то лидерами оказываются США и КНР — 13—24 и 14—36 триллионов м<sup>3</sup> соответственно. Большие запасы есть в Аргентине, которую наряду с Австралией специалисты считают будущей газовой королевой.

Большими запасами располагает Украина: в двух крупных месторождениях вдоль левого берега Днепра и в Карпатах лежат 1,1—3,5 триллиона м<sup>3</sup>, причем пробные скважины уже бурят. Оценки польских запасов, а в этой стране потенциально газоносные сланцы расположены на Балтике, расходятся на порядок: 0,5—5,6 триллиона м<sup>3</sup>. Говорят, что первые скважины положительного результата не дали, отчего оптимизм зарубежных газодобытчиков по поводу польских перспектив сильно уменьшился. В самом деле, при верхней оценке запасов Польша может извлечь от энергетической зависимости весь Евросоюз, а при нижней — только себя. Есть мнение, что в Польше сланцевый газ есть, но лежит он на большой глубине, 4—5 км. Большие запасы сланцевого газа предполагаются в Австрии, вдоль балтийского побережья Германии и

Дании, в Швеции, а также во Франции. Последняя, впрочем, запретила добычу с применением гидроразрывов, опасаясь за окружающую среду. Наверное, не случайно — имея дешевую электроэнергию от атомных станций, можно не переживать по поводу поставок газа из России.

Рекорд по неразберихе с оценкой запасов принадлежит, видимо, нашей стране: Газпром считает, что они ничтожны — 83,7 миллиарда м<sup>3</sup> («Chemical magazine», 2012, № 10) и думать об их разработке не стоит, а независимые исследователи дают в сто с лишним раз больше — 9,5 триллиона («Минеральные ресурсы России», 2011, № 3). По мнению же геологов, газоносные сланцы есть в предгорьях Кавказа, в долине между Волгой и Уралом, на Балтике, в Якутии, на Сахалине, Камчатке, а в основном на северо-западе Сибири и отставать от мировой тенденции не стоит, а нужно думать об их тщательной разведке и последующем использовании.



РЕСУРСЫ



# Топливо из опилок и цветущей воды

Правда ли, что биотопливо — будущее планеты? С одной стороны, нефтью и другими ископаемыми топливами богаты не все государства, да и мировые их запасы не бесконечны. С другой стороны, производство дизеля и этанола из сельскохозяйственных растений может повысить цены на продовольствие и способствовать уничтожению лесов, да и с эмиссией парниковых газов все получается не так хорошо, как казалось. Однако возобновляемые источники, такие, как Солнце и ветер, дают в основном электроэнергию, а без жидкого топлива человечеству прожить не удастся (не будем пока говорить о водородной энергетике). Значит, придется снова и снова считать и ставить эксперименты.

Биотопливо по сравнению с ископаемым топливом считается экологически чистым, и его сторонники видят в этом неоспоримое достоинство. Их взгляд не разделяют Кейт Смит и Тимоти Серчингер из Эдинбургского университета. Они подвергли критике методы оценки, основанные на так называемой модели анализа жизненного цикла (LSA), которые учитывают все факторы, связанные с производством и применением топлива. По их мнению, существующие методы напрасно игнорируют углекислый газ, который выделяют транспортные средства, работающие на этаноле и биодизеле, а также оксид азота.

Приверженцы биотоплива утверждают, что растения, выращенные для его получения, поглотят столько же  $\text{CO}_2$ , сколько попадет в атмосферу при его производстве и применении, а значит, этот  $\text{CO}_2$  можно не считать. Непонятно, замечают Смит и Серчингер, почему позволительно делать такое вычитание. Ведь на площади, занятой «биотопливными» культурами, в любом случае росли бы какие-то растения, поглощающие углекислый газ, а вот его выделения при сгорании топлива не было бы. Говорить о выигрыше по  $\text{CO}_2$  можно лишь в том случае, если на биотопливной делянке получен дополнительный прирост растительной массы или если для удобрения используют отходы, которые иначе сгнили бы.

Кроме того, недооценивается роль в глобальном потеплении азотистых соединений, которые «выдыхает» насыщенная удобрениями земля. По оценкам Смита и Серчингера, эффекты от выброса в атмосферу килограмма  $\text{N}_2\text{O}$  сопоставимы с теми, что вызывают 100 кг углекислого газа. В существующих моделях количество парниковых газов, выделяющихся из удобрений, занижено почти вдвое. Авторы предлагают улучшить ситуацию за счет использования истощившихся земель, которые поглощают удобрения с меньшими побочными выделениями. К тому же при этом биотопливо не отнимает площади у сельхозкультур. Сейчас, по их мнению, исследования, связанные с производством и применением биотоплива, не учитывают эти очевидные показатели и движутся в ложном направлении.

Keith A. Smith, Timothy D. Searchinger. *Crop-based biofuels and associated environmental concerns*. «GCB Bioenergy», 2012, 4, 5, 479–484; doi: 10.1111/j.1757–1707.2012.01182.x

Практичный подход к решению топливных и экологических проблем недавно предложили китайские исследователи. На основании собственных экспериментальных результатов и сведений из литературы авторы утверждают: ставку надо делать на искусственные водно-болотные угодья



(constructed wetlands) — поля орошения со специально подобранными видами растений и микроорганизмов, где сточные воды очищаются от азотистых соединений. Эти искусственные болота не только снижают эмиссию парниковых газов, но и производят целлюлозосодержащую биомассу, которая до сих пор только создавала проблемы и которую грех не использовать.

Исследователи построили пять таких искусственных болот в субтропической зоне Китая и определили продуктивность на 12 делянках, где произрастали 30 видов растений. В болота поступали бытовые сточные воды. Баланс между затраченной и полученной энергией у такой системы может быть выше, чем у наземных систем и водорослей, — для уже существующих систем выход энергии составляет около 237% от затраченной и может быть еще увеличен, если оптимизировать поступление азота, гидрологические параметры и видовой состав сообщества. Особенно перспективными признаны *Arundo donax* — арундо тростниковидный, он же тростник гигантский, а также тростник обыкновенный, различные виды рогоза и мисканта. По расчетам авторов, если все воды, загрязненные азотом, в Китае направить в такие водно-болотные угодья, то продукция биотоплива способна покрыть 6,7% всего национального потребления бензина.

Dong Liu e.a. *Constructed wetlands as biofuel production systems*. «Nature Climate Change», 2012, 2, 190–194, doi: 10.1038/nclimate1370.

«Не убывает в магазинах водка, соотносясь с ресурсами опилок...» Вопреки распространенному мнению, крепкие спиртные напитки изготавливают из съедобного сырья (что, правда, не делает их полезными для здоровья). Из опилок и других целлюлозосодержащих ресурсов производят технический этанол — жидкое биотопливо. Прошло то время, когда дрова просто бросали в печь.

Этанол нетрудно получить из низкомолекулярных сахаров, например путем брожения. Но целлюлоза — высокомолекулярный полимер глюкозы, высшие организмы его практически не умеют переваривать (термиты, питающиеся древесиной, прибегают для этого к помощи бактерий, обитающих у них в кишечнике). Мы умеем расщеплять целлюлозу химическим путем, с помощью серной кислоты и нагревания. Отсюда и название конечного продукта, который делают дрожжи из продуктов гидролиза, — спирт-гидролизат. Однако биотехнологические пути могут оказаться гораздо перспективнее, поэтому так важно найти ферменты, превращающие древесину в раствор сахаров.

Сотрудники Норвежского университета биологических наук рассматривают новейшие достижения в этой области. Древесина, по сути, представляет собой лигнин — гидрофобный полимер сложного строения, армированный молекулами целлюлозы и гемицеллюлозы. Подобраться к этим молекулам непросто. Особое внимание норвежские ученые уделили недавно открытым типам ферментов — бактериальным СВМ33 и ферментам из грибов GН61, которые катализируют окислительное расщепление целлюлозы. Они помогают работать обычным целлюлазам (ферментам, расщепляющим целлюлозу), делая разрывы в полисахаридных цепях прямо



на поверхности нерастворимого субстрата и тем самым превращая его в растворимый. Возможно, они-то и смогут заменить жесткие химические методы переработки целлюлозы.

Интересно, что ферменты этих семейств активны и в отношении хитина — полимерного N-ацетилглюкозамина, производного глюкозы, из панцирей членистоногих, например креветок. Авторы статьи считают, что подобные ферменты могут совершить революцию в получении биотоплива.

*Svein J Horn e.a. Novel enzymes for the degradation of cellulose. «Biotechnology for Biofuels», 2012, 5, 45, doi: 10.1186/1754-6834-5-45*

Последнее время многие научные группы работают над получением биотоплива из водорослей. Это направление финансируют и Министерство энергетики США, и нефтяной бизнес, не желающий упустить потенциальную выгоду, и даже «Боинг», заинтересованный в топливе для самолетов. Нефтяная компания «Еххон Mobil», например, оказывает поддержку биотехнологической компании «Synthetic Genomics» в Ла Хойя, который руководит Крейг Вентер (об этом ярком и эксцентричном ученом мы не раз писали, см., например, «Химию и жизнь», 2010, № 3). От исследователей ждут оптимизации фотосинтеза микроскопических водорослей: нефтяные скважины будущего, возможно, скрываются в недрах генома.

Пруды для микроскопических водорослей можно устраивать на земле, непригодной для сельского хозяйства. А генная инженерия, привычная к манипуляциям с микроорганизмами, вполне способна перестроить их метаболизм, повысив эффективность фотосинтеза. (Сейчас водоросли запасают около одного процента энергии солнечного света, и есть мнение, что эту цифру можно поднять до десяти.) Водоросли превращают углекислый газ, водород и азот в белки, жиры и углеводы, но, ограничив приток питательных веществ, можно переключить их на преимущественный синтез липидов. Затем клетки собирают центрифугированием, разрушают и получают весьма перспективную маслянистую жидкость. Побочный продукт, богатый белками и углеводами, можно использовать как корм для скота.

Однако на практике всегда появляются проблемы. Во-первых, для фотосинтеза нужен свет, и, когда толщина водорослевого слоя превышает несколько сантиметров, его эффективность падает. Как подсчитали Рене Вейффельс и Мария Барбоза из Центра исследований продуктов питания и биоматериалов Вагенинского университета (Нидерланды), чтобы получить 370 миллиардов тонн биодизеля — именно столько потребляет весь европейский транспорт, — понадобится 9,25 гектаров прудов. Это площадь Португалии. Лишь 5,5% земель в США подходят для организации водорослевых прудов, считает Марк Уигмоста из Тихоокеанской Северо-Западной национальной лаборатории (Ричленд, Вашингтон). Зато даже при нынешних технологиях эти пруды дали бы 220 миллиардов литров «масла» — примерно половину от количества топлива, которое ежегодно возвизит в страну для нужд транспорта. Впрочем, есть и другая возможность — биореакторы, куда более компактные. Но остается еще один вопрос: где брать углекислый газ для водорослей? Копать

пруды рядом с предприятиями, работающими на сжигании угля? Есть в этом что-то неправильное...

Компания «Solazyme» (штат Калифорния) предлагает свое решение: они держат водоросли в темноте и кормят сахарами, полученными из других источников. Водоросли превращают сахара в жиры без использования фотосинтеза, и освещенные мелкие пруды больше не нужны.

Еще один вариант предложил Джеймс Ляо, специалист по биоинженерии из Калифорнийского университета (Лос-Анджелес): не ограничивать водоросли в пище, пусть они синтезируют белки и обильно размножаются, а потом сами становятся пищей для генно-модифицированной кишечной палочки, которая будет производить этанол и бутанол. Эти спирты нетрудно преобразовать в углеводородное топливо.

Кроме обычных микроводорослей, есть синезеленые водоросли, или цианобактерии. Ими занимается компания «Joule Unlimited» в Кембридже (Массачусетс), один из основателей которой — известный молекулярный генетик Джордж Черч. Цианобактерии хороши тем, что выделяют продукты, которые производят, в среду, следовательно, нет необходимости разрушать клетки, и можно организовать проточный реактор. А генно-модифицированные цианобактерии, возможно, не будут нуждаться в дополнительных источниках CO<sub>2</sub>.

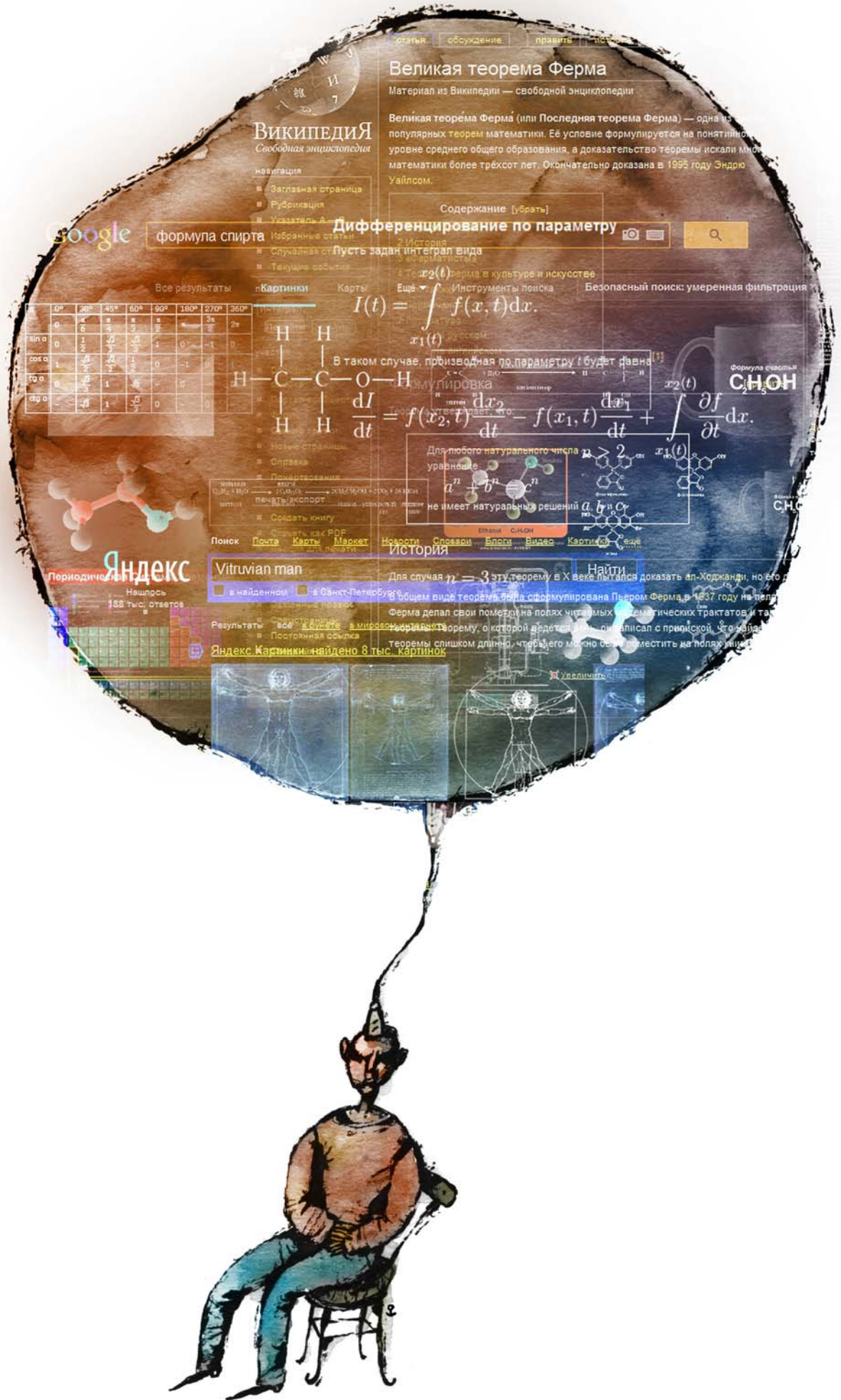
*Neil Savage. Algae: The scum solution. «Nature», 2011, 474, 7352, S15-S16; doi: 10.1038/474S015a.*

Другие исследователи считают, что будущее биотоплива — не одноклеточные водоросли, а многоклеточные. Проблема с ними опять же в их низкой усвояемости. Большая часть углеводов сухой биомассы морских водорослей «заперта» в форме альгината (линейного сополимера двух уроновых кислот), маннитола и гликана. Большинство промышленных микроорганизмов не умеют их перерабатывать.

Группа исследователей из США и Чили недавно подобрала ключи к этому кладу. Они создали генно-модифицированную кишечную палочку (*Escherichia coli*), способную превратить значительную часть альгината в этанол. Для этого они удалили семь собственных генов кишечной палочки и внедрили более двадцати генов трех других бактерий (штаммов *Vibrio splendidus*, *Pseudoalteromonas* и *Agrobacterium tumefaciens*). Перерабатывал новый штамм ламинариевую водоросль *Saccharina japonica*, она же «комбу» — съедобную, но богатую в основном пищевыми волокнами, иодом и глутаминовой кислотой. Без какой-либо дополнительной химической, температурной или ферментативной обработки субстрата автором удалось добиться концентрации спирта в среде до 5 об. % менее чем через два дня культивирования — это 80% от теоретически предсказанного выхода, рассчитанного по углеводному составу водорослей.

*Adam J. Wargacki e.a. An engineered microbial platform for direct biofuel production from brown macroalgae. «Science», 2012, 335, 6066, 308-313, doi: 10.1126/science.1214547*

Подготовили  
**Е. Котина и Е. Сутоцкая**



# Форматирование мозга

В. Благутина



ДИСКУССИИ

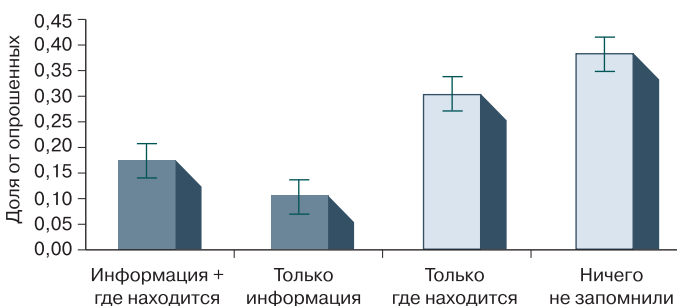
*Мы каждый день проводим в Интернете целые часы, уже не только за компьютером, но и с телефоном в руке. А молодежь из Сети не выходит вообще: задали реферат — кликнул на сайт рефератов и, не читая, скопировал, зашел в кафешку — кинул в социальную сеть сообщение, где ты (если кто рядом — заглянет), уехал отдыхать — каждый день онлайн-репортаж, чтобы друзья были в курсе... Естественно задать вопрос: изменяет ли Всемирная паутина наше мышление, наш подход к обучению, наше восприятие информации? Этот вопрос сегодня интересует многих ученых.*

*Можно считать, что в истории человечества уже происходили подобные глобальные изменения. Возможно, сходным образом наш мозг приспособился к появлению письменности, а потом и к книгопечатанию. Человеческий организм пластичен, он адаптируется к новым условиям. Но это означает, что и сам человек становится иным.*

## Ленивая память и рассеянное внимание

Интернет — неисчерпаемый источник информации, и наши дети пользуются им постоянно. Представители старшего поколения также все чаще используют этот ресурс, но все-таки могут сначала немного поразмыслить, заглянуть в словарь или взять с полки энциклопедию. Не означает ли это, что наши дети отказываются от собственной памяти, а используют только «внешний носитель»? Психологи Колумбийского университета под руководством Бетси Спарроу опубликовали в 2011 году статью в «Science», в которой описывали, как поисковая система Google меняет наше запоминание («Science», 2011, 333, 6043, 776—778).

В одном из экспериментов студентов попросили прочитать и напечатать на компьютере короткие фразы, довольно трудные для запоминания (специально подбирали так, чтобы в них было немного логики). Половина участников эксперимента думала, что информация сохранится в компьютере, а другой сказали, что информацию сотрут. Результат предсказуем: люди, которые полагали, что не смогут потом найти нужную информацию, запоминали ее гораздо лучше. Даже сложные подборки они воспроизводили без всякого труда. Еще в одном эксперименте все тот же набор малозначущих фраз сохраняли



**1**  
*Тесты на запоминание показали, что люди легче запоминают место, где хранится информация, чем ее саму*

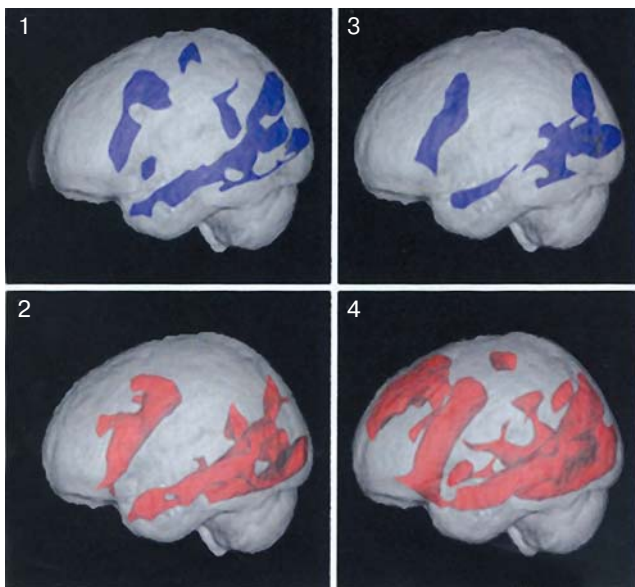
в виде текстового файла в одной из пяти папок с длинными именами, состоящими из случайных символов. Испытуемым предлагали запомнить саму информацию из файла или просто имя папки, где находился файл. Собственно информацию запомнило очень мало участников эксперимента, зато подавляющее большинство точно запомнило папку, в которой хранился файл (рис. 1).

Таким образом, наш мозг вполне удовлетворяется знанием, «где найти информацию». В общем, это не совсем новый подход. Человек всегда в той или иной степени пользовался «внешними носителями», например обращаясь за нужными сведениями в библиотеки или к членам семьи, друзьям и коллегам. Пожалуй, основная разница между Интернетом и библиотекой в том, что компьютер все время под рукой и количество информации там огромно. Может быть, поэтому он «расслабляет» больше. Вместе с тем Сеть предлагает нам и дополнительную нагрузку на мозг: надо запустить поиск, отобрать нужные результаты, оценить, достоверен ли источник, сделать выбор...

Поиск по Интернету действительно отличается от библиотечного. Когда французских школьников старших классов попросили подобрать информацию на определенную тему в Интернете, то обнаружилось, что большинство в процессе поиска забывало, что именно они искали. Ведь поисковик предлагает вам кучу разных ссылок, в том числе не связанных с темой поиска, а это рассеивает внимание.

Пожалуй, тот факт, что использование Интернета ухудшает нашу способность сосредоточиваться, не вызывает сомнений. Обычно наш мозг легко делает выбор между важной и не очень важной информацией. Но с Интернетом все гораздо сложнее, он предлагает сразу много потенциально полезных источников и еще больше искушений — посмотреть видео, послать письмо, побродить по социальным сетям... Все это отвлекает от первоначальной задачи. Даже если молодые люди, переходящие с одного сайта на другой, не сильно отвлекаются, то они быстро продвигаются в освоении нужной темы, но не углубляются в нее. С другой стороны, они способны переработать гораздо больший массив информации — изменилась стратегия познания. Этому есть и физиологическое подтверждение. В 2009 году нейрофизиолог и автор книги «Мозг онлайн» Гэри Смолл (Калифорнийский университет), сравнивая активность мозга опытных и неопытных пользователей Интернета, обнаружил, что первые задействуют большее количество зон мозга (рис. 2). Это, безусловно, означает, что наш мозг уже адаптируется к новым задачам.

То, что восприятие поверхностно, вполне объяснимо. Рабочая память (ее еще называют кратковременной) позволяет удерживать информацию в течение нескольких минут. Часть ее после обработки потом может перейти в долговременную память. Объем рабочей памяти ограничен — если данных, которые надо удержать короткое время, слишком много, то наш мозг не в состоянии глубоко обработать всю информацию, часть ее теряется, не переходя в долговременную память. Получается, что если все время работать только с Интернетом, то



2 Чтение книг Пользование интернетом

*У тех, кто мало пользуется Интернетом (1), или у продвинутых пользователей (2) при чтении книги активируются одни и те же зоны мозга. А вот во время пользования Интернетом разница существенная: у новичков активируется приблизительно та же зона, что и при чтении книг (3), а у любителей Интернета начинают работать дополнительные зоны (4)*

рабочая память будет перегружена, мозг не успеет сформировать долговременные нейронные связи и меньше информации попадет в долговременное хранилище. Между тем этот этап необходим для формирования запаса глубоких знаний.

Возможно, новое поколение разовьет в себе новые навыки, и его рабочая память будет работать в новой ситуации по-другому. Почему бы и нет? Для этого надо просто научиться оперативно систематизировать по степени важности поток информации и отбирать ту, которую надо запомнить.

Интернет, по-видимому, может развить многие навыки, о которых мы даже не подозреваем. Например, многочисленные исследования подтверждают, что у постоянных пользователей Интернета лучше работает зрительно-пространственная память, то есть улучшается способность запомнить путь, пройденный в пространстве. Психолог Патриция Гринфилд из Калифорнийского университета в своем исследовании показала, что за последние 50 лет неуклонно улучшались результаты тестов по зрительному восприятию («Science», 2009, 323, № 5910, 69—71). По ее мнению, это следствие того, что мы больше, чем в докомпьютерную эру, загружены визуальной информацией.

Как известно, Гай Юлий Цезарь мог делать сразу несколько дел одновременно. Существует распространенный миф, что постоянные обитатели Интернета уподобляются Цезарю — приобретают устойчивый навык делать несколько дел сразу: посылать сообщения, читать журнал, смотреть телевизор. Научные исследования не подтверждают этот миф. В частности, французский невролог Сильвен Шарон с помощью магнитно-резонансной томографии подтвердил, что, когда человек пытается сосредоточиться на двух задачах одновременно, две фронтальные доли разных полушарий пытаются распределить работу между собой. Но если добавить третью задачу, то фронтальные доли уже не смогут ее контролировать, поскольку каждая занята своей. Если заставить мозг выполнять больше двух действий одновременно, то время реакции удлинится и увеличивается количество ошибок. На самом деле и две задачи — много. Недаром во время вождения запрещено пользоваться мобильным телефоном, за этим запретом стоят результаты многочисленных тестов. Справедливости ради надо сказать, что есть люди, которые отлично справляются с несколькими задачами, причем их наблюдаемая активность мозга не увеличивается.

Может ли Интернет развить «многозадачность» человеческого мозга? Как ни странно, такие исследования тоже есть. Клиффорд Наас и его коллеги из Станфордского университета сформировали две группы: в одной были те, кто привык использовать несколько медиа-гаджетов одновременно, а в другой — те, кто всегда выполняет одну задачу («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2009, 106, 37, 15583—15587). Участников попросили выполнить когнитивный тест: нарисовать по памяти серии из красных и голубых прямоугольников, причем каждую серию показывали дважды. Испытуемые должны были сказать, поменяли ли красные прямоугольники свою ориентацию в пространстве во второй последовательности по сравнению с первой, причем на голубые прямоугольники не надо было обращать внимания. Этот тест первая группа «многозадачников» выполнила хуже, поскольку отвлекалась на голубые прямоугольники. Похоже, что те, кто привык переключаться, легче отвлекаются от главной задачи ради малозначительной информации.

Обширная группа исследований посвящена тому, как именно мы читаем с экрана — так же, как обычную книгу, или нет. Во-первых, оказалось, что при чтении с экрана активируются другие зоны мозга. Это скорее области, связанные с выбором решения и решением задач, тогда как при чтении книг задействуются зоны, связанные с языком, памятью и обработкой образов. Во-вторых, экран мы читаем не так «линейно», как бумагу. Это и неудивительно, поскольку при навигации в Интернете надо оценить, насколько интересна ссылка, и выбрать, надо ли идти по ней дальше. Кстати, «перебитый» ссылками текст осложняет задачу, и читатель хуже понимает прочитанное.

Кроме того, взгляд по экрану движется совсем по другой траектории, чем при чтении книги. Чтобы понять, как именно, используют окулометрию — она позволяет следить за взглядом при чтении. Еще несколько лет назад было известно, что взгляд человека, читающего с экрана, передвигается по траектории буквы F: сначала скользит по верхней строчке слева направо, потом перескакивает на вторую строчку, которую он не дочитывает до конца. Чем ниже человек спускается по экрану, тем меньше прочитывает текста в каждой строчке. Сегодня эта стратегия уже не единственная, что также, по-видимому, означает, что новые поколения адаптируются к Интернету. Теперь одни читают по схеме перевернутого F, другие прочитывают абсолютно все на экране, третьи прыгают по ключевым словам, особенно если они как-то выделены.

Как итог, мы можем констатировать: наша память не хочет работать, если знает, что найдет нужную информацию в любой момент. Но в то же время она работает на пределе возможностей, когда мы «серфингуем» по Интернету и нам при этом трудно сосредоточиться. Правда, в качестве небольшой компенсации вырабатывается некоторая когнитивная гибкость — мы можем переработать большой объем информации, не углубляясь в детали.

## Зависимые есть, а зависимости нет?

Аддикция — термин, которым психологи обозначают зависимость, потребность в определенной деятельности. Похоже, цифровые технологии аддикцию формируют по полной программе, хотя интернет-зависимость формально не имеет статуса психического расстройства. Никто не отрицает, что многие пользователи тратят слишком много времени в Сети — так много, что это явно выходит за рамки нормы. Но одни специалисты утверждают, что это новый тип зависимости, которую надо лечить, а другие считают просто вредной привычкой — такой же, как избыточное использование телевизора и телефона. На настоящий момент данное нарушение пока не прописано ни в одном международном классификаторе заболеваний.





Интернет еще не пришел в каждый дом, когда в 1994 году американский психиатр Кимберли Янг опубликовала в сети тест-опросник, направленный на выявление интернет-зависимых. Из 500 ответивших большинство были признаны таковыми. В 1995 году американский психиатр Айвен Голдберг предложил термин «интернет-зависимость» и набор диагностических критериев, имея в виду поведение со сниженным уровнем самоконтроля, угрожающее нормальной жизни. В 1996 году был открыт первый специализированный центр по лечению интернет-зависимости. Прошло 16 лет, опубликовано более 700 научных статей на эту тему, а согласия по этому вопросу по-прежнему нет.

Сложность в том, что сами специалисты не могут однозначно определить критерии. Сторонники биомедицинского подхода считают, что зависимость — это состояние, при котором меняется работа мозга (нарушаются связи, меняется биохимия) и, как следствие, изменяется поведение. Именно так происходит при героиновой, кокаиновой или других «аддикциях». Исследования на животных доказали, что все химические препараты, вызывающие зависимость, изменяют работу нейронов или влияют на синтез нейромедиаторов (норадреналина, серотонина или дофамина). Но если сделать крысу наркозависимой не составляет большого труда, то как подсадить ее на Интернет? Правда есть данные, что у ярых пользователей Интернета зафиксированы изменения в нейронных сетях, в частности у них наблюдали уменьшение плотности нейронов в префронтальной коре — той зоне мозга, которая отвечает за принятие решения и затронута у наркозависимых. Но ничто не доказывает, что это изменение плотности связано именно с интернет-зависимостью.

У психологов и психиатров другой подход к диагностике. Уже почти 40 лет они пытаются определить поведенческие критерии, по которым можно отличить обычное увлечение от психического заболевания. В 1970-х годах Всемирная организация здравоохранения предложила определение зависимости, основанное на следующих симптомах: обязательность поведения (не из удовольствия, а из-за потребности), потеря контроля, навязчивое желание, признаки ломки при лишении, наличие рецидивов.

Что же с любителями Интернета? Как правило, не хватает двух критериев — ломки и рецидивов, — чтобы определить явную интернет-привязанность как зависимость. Тем не менее многие специалисты считают, что зависимость от Интернета существует даже при отсутствии этих важных составляющих (люди, часами играющие в игры по Сети, могут отвлечься на работу, а потом продолжить свое увлекательное занятие). В СМИ широко освещались несколько случаев, когда хакеры в США вместо десятков лет заключения и сотни тысяч долларов штрафа получили только условный год с обязательностью посещать психолога. И все потому, что адвокатам удалось доказать, что их подзащитные страдали интернет-зависимостью. Другие психиатры, хотя и признают, что есть интернет-зависимые люди, считают это довольно редким явлением, встречающимся в основном у взрослых.

А как же быть с подростками, которые часами просиживают перед компьютером, совершенно забросив социальную жизнь и школу? Французская Национальная академия медицины опубликовала в 2012 году отчет, в котором расценила эти многочисленные случаи как недоработки образования и воспитания. Эксперты, участвовавшие в составлении этого документа, отметили, что структуры мозга в этом возрасте еще не до конца созрели, поэтому подростки не могут полностью контролировать свое импульсное поведение. По их мнению, надо предлагать молодежи альтернативу, и она уйдет от этого стереотипа поведения. Косвенным подтверждением может служить тот факт, что в 2006 году в одном из голландских центров открылась специальная служба для подростков, «зависимых от Интернета», — и через два года закрылась. Ее основатель

полагает: во всех случаях, с которыми они сталкивались, просто не хватало родительского авторитета. С другой стороны, в Норвегии каждый год на слет «The Gathering» собираются более 5000 человек из скандинавских стран. В программе — компьютерные игры с призовыми фондами эквивалентом почти в полтора миллиона рублей, конкурсы программирования и т. п. Большинство участников не работают и практически не участвуют в социальной жизни, а живут в виртуальном мире. Конкурсы геймеров и программистов популярны и в России.

Существует еще один способ определить любую зависимость — клинический, он основывается на субъективных ощущениях пациента. Так, врачи считают зависимым любого человека, который сам хочет уменьшить по времени или вообще прекратить какое-либо свое поведение. А людей, которые приходят с просьбой избавить их от интернет-зависимости, довольно много, причем их количество растет.

Вообще, оценить, сколько на самом деле людей зависят от Сети, довольно сложно. По последним эпидемиологическим данным, в США, Европе и Азии количество зависимых пользователей Интернета колеблется от 1 до 35% общего числа пользователей. Разброс вполне объясним — ведь нет четкого определения критериев.

Зависимых можно разделить на две группы. В первую попадают те, кто играет на деньги онлайн и любители заняться сексом с виртуальным партнером. В этом случае Интернет просто позволяет проявиться определенным склонностям, поскольку он предоставляет любые возможности без социального контроля. Вторая группа действительно зависима от самого Интернета. В нее входят те, кто играет в игры онлайн, пользователи социальных сетей и фанатики быстрых сообщений — электронной почты, чатов, блогов, Фейсбука, Твиттера и пр. Многие веб-зависимые проявляют и другие странности поведения. Американский психиатр Джеральд Блок считает, что примерно 86% тех, кто считает себя зависимым от Интернета, уже до этой зависимости имели какие-то психические нарушения: повышенную тревожность, депрессию, социальные фобии, панические атаки и другие. Согласно исследованию, проведенному в 2009 году на 3399 норвежцах («Scandinavian Journal of Psychology», 2009, 50, 121—127), 41,4% пользователей, признанных зависимыми от Сети, страдали депрессией за год до исследования (среди умеренных пользователей таких 15,8%), 13,6% злоупотребляли алкоголем или наркотиками (1,1% среди нормальных пользователей). Так что же, интернет-зависимость — просто проявление других нарушений?

Это на самом деле очень важный вопрос. Потому что если зависимость от Интернета — проявление других проблем (медицинских или образовательно-воспитательных), может, ее и не надо лечить? А то ведь как только заболевание войдет в стандартный реестр, к решению проблемы подключатся фармацевтические компании с чудесными решениями, страховые компании будут вынуждены оплачивать лечение от Фейсбука и «The Sims», а также консультации со специалистами...

Сегодня несомненно, что есть люди, зависимые от Интернета. Но вопрос о существовании самого заболевания остается нерешенным.

## Видеоигры развивают реакцию

Многие знают, как трудно отвлечь ребенка от игр, где он гоняется за противниками и должен убить их как можно больше. Именно эти агрессивные игры все считают главным злом: они взвинчивают нервы, мешают управлять эмоциями и могут побуждать игроков перенести агрессивные действия из виртуального мира в реальный. Исследования подтверждают, что такие игры толкают к жестокости и насилию в жизни, но, с другой стороны, многие результаты подтверждают и позитивное влияние. А именно, видеоигры «активного действия» улучшают способность быстро реагировать и принимать решения, учат сосредоточенности.

Согласно статистическим данным, подростки проводят за видеоиграми не меньше десяти часов в неделю. Как это влияет на их мозг? Психолог из Рочестерского университета (США) Дафна Бавелье пыталась выявить факторы, которые улучшают запоминание и повышают внимание («Vision Research», 2010, 50, № 4, 452—459). Во время выполнения тестов один из испытуемых (компьютерный фанат) показал выдающиеся результаты, после чего психолог решила специально исследовать участников активных видеоигр — таких, как Unreal Tournament, Call of Duty, Halo. В них необходимо контролировать все игровое пространство — ведь игрок никогда не знает заранее, за каким углом его подстерегает опасность и когда она возникает, нужна мгновенная реакция. Необходимо также постоянное предвидение того, что может произойти, и развитие воображение, чтобы представить, что происходит «за экраном», вне

поля зрения персонажа. Сперва начали сравнивать, как выполняют когнитивные тесты опытные и неопытные игроки. Но потом появилось сомнение: может быть, опытные показывают лучшие результаты потому, что в отличие от неопытных привыкли к интерфейсам игрушек? В результате набрали только тех, кто не играл до этого в видеоигры. Одна контрольная группа играла в тетрис (пазлы), другая — в «стрелялку». Сеансы по часу повторяли несколько раз в неделю, а когнитивные тесты испытуемые проходили через 24 часа после окончания последней игры (чтобы эффект не был связан с изменением настроения или возбуждением от игры).

Результат: вторая группа, натренированная в активных видеоиграх, легче отслеживала цель в сложном окружении. Участники стали внимательнее, медленнее уставали и меньше отвлекались. Более того, натренированные в активных видеоиграх стали лучше видеть: повысилась острота зрения, оно стало более «объемным». Улучшение внимания стало заметно уже через 10 часов игры (за 15 дней), а улучшение зрения наблюдали только через 50 часов «тренировок» в течение восьми недель. По данным Бавелье, эффект повышения внимания держится многие месяцы, даже если потом и не играть, а зрение улучшается вообще на два года. После серии экспериментов с пожилыми людьми психолог выдвинула даже неожиданное предложение: разработать для них целую систему тренировок, построенную на «стрелялках», чтобы противостоять возрастным изменениям.

Подобных работ довольно много. Например, Уолтер Бут из Иллинойского университета (США), много лет исследовав-

## Все начинается с мультиков

*Доктор психологических наук*

**Е. О. Смирнова**, профессор кафедры «Дошкольная педагогика и психология» Московского психолого-педагогического университета, рассказала нам о том, как мультфильмы и телепередачи влияют на самых маленьких детей.

### **Елена Олеговна, у нового поколения другое детство, не такое, как у предыдущих?**

Информационные технологии действительно изменили детство — ребята теперь живут в другом мире и начинают приобщаться к нему с полутора-двух лет. В среднем именно в этом возрасте ребенок садится перед экраном. Такое раннее знакомство коренным образом изменяет его взгляд на мир и его деятельность. Дети ничего не понимают из того, что они видят, поскольку они, как правило, смотрят фильмы, которые адресованы не их возрасту. Но оторваться от экрана не могут. Это времяпрепровождение влияет и на физиологические процессы ребенка, на его эндокринную систему, зрение и мозговое созревание. В конце концов, когда любой человек сидит, у него на 13—15% замедляется обмен веществ по сравнению с тем, кто двигается. Для ребенка это очень важно.

Проблема в том, что просмотр мультфильмов и телепрограмм вытесняет те виды деятельности, в которых происходит реальное

развитие. То есть практическую игру с кубиками, вкладышами, пирамидками, шнуровками, кастрюлями — чем угодно, лишь бы ребенок играл самостоятельно. Даже обычные палочки и камушки для малыша очень важны и интересны. Но когда он сидит перед телевизором, всего этого он лишается. Он не активен в своем познании, а получает информацию пассивно.

В два года ребенок уже знает, какую кнопку надо нажать, чтобы включить экран и получить удовольствие. Даже правильные родители, которые понимают проблему, иногда делают ужасные вещи. Например, они стараются купить ребенку развивающие фильмы. Устоять трудно, поскольку на коробочке может быть написано, что фильм развивает в ребенке все на свете, да еще со штампом «психологи рекомендуют». Часто за этими надписями ничего не стоит, ведь никто не проверяет, правду ли пишет производитель.

### **С какого возраста вы бы разрешили смотреть «правильные» мультики?**

Всемирная организация здравоохранения рекомендует только с трех лет. До этого возраста слишком многое еще не успело сформироваться — зрительный аппарат, нервная система и много других показателей полностью в норме развиваются только к четырем годам. Педиатры тоже рекомендуют с трех лет, и мы, психологи, с ними согласны. Никто, конечно, эти нормы не соблюдает.

### **Можно ли спрогнозировать, что ребенок, который в два-три года постоянно сидит перед экраном, будет и дальше от него зависеть? Возможно, экранная зависимость перерастет в другую — от Интернета? Влияет ли это на учебный процесс?**

Зависимость — одна из самых очевидных опасностей, причем в детском возрасте она возникает очень быстро. В какой-то момент ребенок уже не может обходиться без телевизора: он ест под телевизор, спит под него. Без шума и мелькания на экране малыш чувствует себя неуютно.

Представьте себе: человек рождается и постепенно, шаг за шагом узнает, как устроен этот мир. Так было раньше, а теперь он просто садится, нажимает кнопку и получает все: видеоряд, эмоциональный ряд, все на свете в красивой оболочке и без усилий. Это становится способом существования, и к этому привязываешься. Поэтому, весьма вероятно, ребенок и дальше будет требовать экрана. Такие дети в ответ на предложение «давайте поиграем» включают компьютер.

Что же касается следующего обучения, то самая большая проблема в том, что внутренний мир ребенка не складывается без собственной активности и деятельности. А из-за привычки сидеть перед экраном собственной деятельности очень мало. Скорее всего, и потом будет работать стереотип пассивного восприятия, а не активное получение знаний.

Надо отметить, что зависимость детей и подростков от цифровых технологий

ший, как именно видеоигры влияют на когнитивные способности, считает, что у активных игроков лучше развита рабочая память и они легче переключаются с одной задачи на другую («Acta Psychologica», 2008, 129, 3, 387—398). Впрочем, он предостерегает, что эти эксперименты должны быть спланированы очень корректно — ведь даже небольшая ошибка в методологии грозит неправильными выводами. Линда Джексон из Мичиганского университета протестировала 491 двенадцатилетних мальчиков и обнаружила, что активные игроки (не важно, играют они в агрессивные игры или нет) более креативны, когда их просят что-то нарисовать или придумать историю («Computers in Human Behavior», 2012, 28, 2, 370—376).

Это, безусловно, интересные результаты, тем более что ни любители телевизора, ни просто пользователи Интернета таких результатов не показывают. Более того, такого эффекта не дают даже образовательные игры, которые натаскивают участника на конкретную тему. Есть предположение, что сложные многозадачные игры в стиле экшн влияют на пластичность мозга (способность мозга изменяться под действием обучения). Возможно, эмоции, которые испытывает игрок, в том числе связанные с насилием, закрепляют обучение.

Если удастся исключить другие, менее благоприятные эффекты активных видеоигр — возбуждение, желание совершать жестокие поступки, агрессивные мысли, — то, вероятно, положительные эффекты можно будет как-то использовать. Например, как тренажер для представителей некоторых специальностей (у хирургов-геймеров улучшается координация, они быстрее работают), а может быть, и для реабилитации

— вовсе не миф, а массовое явление. Российский психолог Екатерина Мурашова провела небольшой эксперимент в основном с подростками, которые приходят к ней на прием в поликлинику. Причем в эксперименте участвовали только те дети, которые заинтересовались таким испытанием и пошли на него сами. Она попросила 68 подростков от 12 до 18 лет в течение восьми часов не включать ни телефон, ни компьютер, ни телевизор — ничего, что сопровождает нас постоянным фоном. Выдержали только трое. Причем все испытывали очень серьезные физиологические проблемы: у ребят кружилась голова, были приливы жара, тремор рук, практически все испытывали крайнее беспокойство — похоже на ломку. Все страхи и симптомы исчезли сразу после прекращения эксперимента.

### **Когда вы говорите о зависимости, то это все-таки больше психологический аспект. А мыслят дети по-другому из-за этого?**

Эти исследования только начинаются. Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что у детей, много времени проводящих перед экраном, снижена познавательная активность. У них не хватает обычной детской любознательности — стремления узнать, как все устроено. Поскольку мыслительный процесс формируется из активности ребенка, то, безусловно, он происходит по-другому. Об этом не раз говорили, но стоит повторить, поскольку это важно, — не складывается личность ребенка, которая потом определяет практически все. А личность тесно связана с

мотивацией: «что я хочу», «к чему стремлюсь». Ведь если она есть, то малыш готов ради этого двигаться, спрашивать, познавать самостоятельно. Если же маленький человек пассивен, то весь процесс нарушается, и это не может не сказаться на будущем. Внутри такого взрослого человека будет пусто, и эту пустоту не удастся заполнить чем-то внешним.

### **Как с этим бороться?**

Минимизировать доступ к экранным технологиям и максимизировать смысл собственной жизни. Понятно, мы не можем исключить Интернет и телевизор. Но они должны быть средством для получения информации, а не самодостаточным видом деятельности. Ребенок сначала должен решить, что конкретно ему нужно узнать, а потом включать компьютер. А не наоборот: «Поброжу по Интернету, посмотрю, что пишу».

Кстати, переходя опять от маленьких детей к подросткам, надо упомянуть еще об одном аспекте. Среднестатистический подросток к 16—18 годам успевает посмотреть 140 000 сцен насилия. Это то, что ему достается с экрана телевизора, даже если он смотрит его только два часа в день. В 1990-х годах, когда происходили случаи массовых расстрелов в американских школах (расстреливали соучеников сами школьники, причем их меткость поражала), по этому поводу было проведено много исследований. Выяснилось, что американские военные за время обучения и службы видят меньше реальных сцен насилия, чем подростки — виртуальных по телевизору и в Интернете. А



## ДИСКУССИИ

больных. Так, Деннис Леви из Калифорнийского университета запатентовал метод лечения амблиопии (функционального ослабления зрения без структурных изменений) с помощью экшн-видеоигр. Улучшение происходит в пять раз быстрее!

Конечно, никто не предлагает отменить Интернет или видеоигры, да это и невозможно. Надо просто помнить, что продолжительное пребывание в виртуальных пространствах изменяет наш мозг. Судя по уже проведенным исследованиям, меняются память, внимание, стереотип обучения и даже стиль чтения. Скорее всего, ничего ужасного с нами не произойдет, и мы потихоньку перейдем в новую реальность, которую предлагаем нам Всемирная паутина. И все-таки остается тревожная мысль: а что, если в один черный день это Эльдorado информации исчезнет? Останется ли достаточно людей, которые держат в голове жизненно важную информацию, а не лезут за ней в Интернет? Или велосипед будут изобретать заново?



## ИНТЕРВЬЮ

меткость они успевают натренировать в компьютерных играх. Именно это закладывает модель поведения.

### **Сейчас стали маркировать все передачи — с какого возраста их можно смотреть, и доходит до курьезов. Полезное ли это дело?**

Да, курьезов действительно много. Например, мы с удивлением обнаружили, что шахматное обозрение промаркировано «+0», то есть его можно смотреть с грудного возраста. И это главное, против чего надо бороться, — для развлечения младенца нельзя включать телевизор.

В принципе маркировка — дело полезное, если она сделана правильно. Важно, чтобы это работало также в театрах и кинотеатрах. И даже не потому, что ребенок там увидит что-то плохое, просто трехлетний человек на спектакле для школьников устает, в том числе эмоционально. Его не надо туда водить. Многие фильмы сейчас идут как полнометражные мультипликационные, а между тем они совсем недетские. Теперь есть шанс, что дошкольники все-таки не попадут на то, что для них не предназначено.

К сожалению, при маркировке специалистов не всегда спрашивают. Но мы стараемся, чтобы нас услышали. Сейчас мы составляем рекомендательные списки и со временем выложим их на своем сайте «Центр игры и игрушки МГППУ» ([www.psytoys.ru](http://www.psytoys.ru)).

# Элементы жизни: почему не кремний и не фтор



Художник А.Бродский

В научных представлениях о происхождении жизни в последнее десятилетие происходит настоящая революция, и она далеко не завершена. Прочтение геномов полутора тысяч видов микроорганизмов, с одной стороны, и новые геохимические методы, примененные как к Земле, так и к другим телам Солнечной системы, с другой стороны, принесли огромное количество новых данных о древней Земле и первых шагах жизни. К сожалению, эта информация доступна только на английском языке, а на русском рассказывается лишь о немногих отдельных достижениях в книге Александра Маркова «Рождение сложности» (М., «Corpus», 2010).

Цикл статей, предлагаемый вниманию читателей, отчасти восполнит этот пробел. Автор — научный сотрудник НИИ физико-химической биологии имени А.Н.Белозерского (подразделение МГУ), основная область его научных интересов — эволюционная геномика. Статьи представляют собой переработанный курс лекций, которые **Михаил Александрович Никитин** читает на Летней экологической школе с 2010 года. (Эта школа для старшеклассников, интересующихся биологией, проходит в условиях палаточного лагеря в лесу, большинство преподавателей — действующие ученые либо аспиранты.) Задачей их было напомнить слушателям базовые факты о биогенезе и дать по возможности целостную картину новейших достижений науки, которые еще не скоро попадут в учебники.

Почему все живое состоит из углерода, кислорода, азота и водорода?

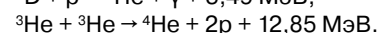
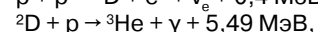
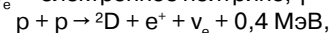
Стандартный ответ, который можно найти в литературе: потому, что атомы углерода способны образовывать цепочки и кольца, создавая гигантское разнообразие органических молекул. И потому, что вода — вещество с уникальными свойствами, способное растворять огромное разнообразие веществ, а также стабилизировать температуру за счет высокой теплоемкости, теплоты замерзания и теплоты испарения. Экзобиологические исследования (поиски жизни вне Земли) концентрируются на планетах с такой температурой поверхности, при которой возможно существование жидкой воды. Великий астроном Карл Саган жестко критиковал эту позицию, называя ее «водно-углеродным шовинизмом». По его мнению, другим ученым просто не хватает фантазии, чтобы представить себе альтернативную биохимию на иных химических элементах.

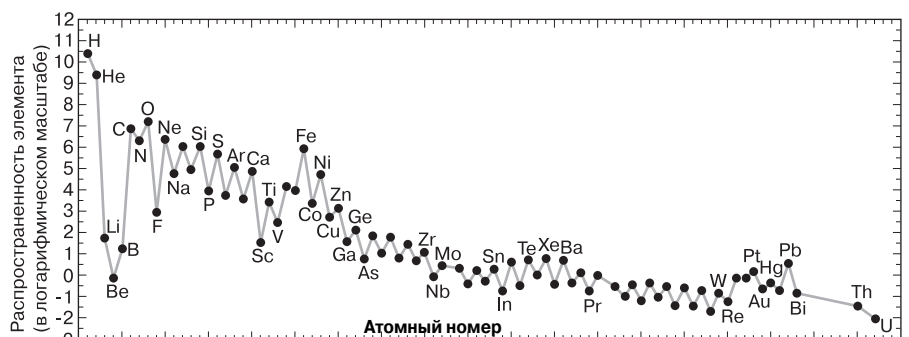
В фантастике часто можно встретить описания кремнийорганической жизни или жизни, использующей фтороводород либо аммиак в качестве растворителя. Кремний действительно способен образовывать сложные молекулы с длинными цепочками и кольцами атомов. Такой же способностью обладает и бор, на который, насколько мне известно, фантасты не обращали внимания. Воду в качестве растворителя действительно могут заменить  $\text{NH}_3$  и  $\text{HF}$ . Однако я придерживаюсь водно-углеродного шовинизма и собираюсь обосновать свою позицию при помощи ядерной физики.

Во Вселенной больше всего водорода, второе место за гелием (рис.1). Следом идут углерод, кислород и азот. Три легких элемента — литий, бериллий, бор — весьма редки. От кислорода и до титана распространенность элементов плавно убывает, причем элементы с нечетными атомными номерами встречаются реже, чем с четными. Затем идут несколько широко распространенных металлов — хром, марганец, железо, никель. Элементы, следующие за никелем и особенно за цинком, совсем редки.

Почему так получается?

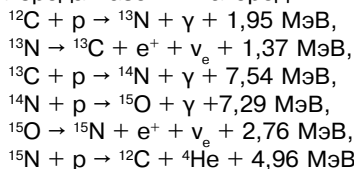
Ядра тяжелее дейтерия (тяжелого водорода) образуются в основном в термоядерных реакциях, протекающих в звездах. Простейшая из таких реакций, имеющая самую низкую температуру зажигания, — протон-протонный цикл. Благодаря ему светят Солнце и другие звезды небольшой массы. В этой реакции четыре протона в несколько стадий превращаются в ядро гелия с выделением энергии ( $D$  — дейтерий,  $e^+$  — позитрон,  $\nu_e$  — электронное нейтрино,  $\gamma$  — фотон):





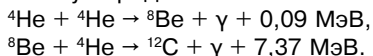
**I**  
**Распространенность элементов во Вселенной**  
 (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/SolarSystemAbundances.png>)

В более массивных звездах (от полутора масс Солнца) зажигается следующая реакция — углерод-азотный цикл. В нем также протоны превращаются в ядра гелия, а ядро углерода выступает в качестве катализатора. Второй итог этой реакции — частичное превращение углерода в азот и кислород:

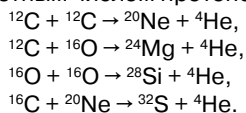


Так или иначе, со временем в центре звезды кончается водород и образуется скопление гелия. Горение водорода продолжается в тонком слое вокруг гелиевого ядра. Внешние оболочки звезды при этом раздуваются, звезда становится красным гигантом. Если масса звезды невелика, то по мере исчерпания водорода в центре оболочка будет сброшена, а горячая гелиевая сердцевина станет видна на небе как белый карлик и за несколько миллионов лет остынет и погаснет.

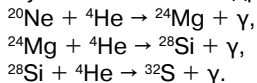
Жизнь тяжелых звезд оказывается интереснее. Их гелиевая сердцевина разогревается настолько, что в ней зажигается следующая термоядерная реакция — 3-альфа процесс, превращение гелия в углерод:



Стареющая звезда получает новый мощный источник энергии и становится сверхгигантом. У более массивных сверхгигантов по мере сгорания гелия начинаются термоядерные реакции с участием углерода и кислорода, в них образуются ядра неона, магния, кремния, серы и так далее — изотопы с четным числом протонов и нейтронов:



Выделяющиеся альфа-частицы также могут захватываться ядрами:



Чем более тяжелые ядра сливаются, тем быстрее идут реакции. Если горение водорода в массивной звезде растягивается на десятки миллионов лет, то горение гелия продолжается только сотни тысяч лет. Горение углерода и кислорода с образованием неона, магния и кремния занимает сотни лет. Наконец, превращение кремния и серы в металлы занимает сутки. Выделение энергии в этих реакциях заканчивается с образованием ядер  $^{56}\text{Ni}$  и  $^{60}\text{Zn}$ , синтез более тяжелых ядер происходит уже с поглощением энергии. В центре звезды-сверхгиганта накапливаются металлы, и выделение энергии прекращается.

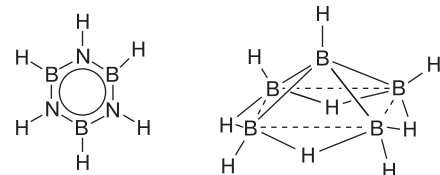
Остывание центра звезды приводит к потере устойчивости — оболочки начинают падать к центру, звезда сжимается и взрывается. Светимость звезды в этот момент возрастает в миллиарды раз, и астрономы говорят о вспышке сверхновой. В нижних слоях ядра образуется огромное количество нейтронов, которые быстро захватываются атомными ядрами. Так синтезируются все возможные тяжелые элементы от натрия и магния до нестабильных трансурановых, как четные, так и нечетные.

Ударная волна разносит все оболочки звезды по космосу, первые тысячи лет после этого они видны как светящаяся планетарная туманность. На месте звезды остается маленький сверхплотный остаток — нейтронная звезда или черная дыра, а большая часть вещества возвращается в газопылевые облака, обогащая их тяжелыми элементами.

Есть несколько типов ядер, которые синтезируются в других процессах. Во-первых, это дейтерий — тяжелый водород. В звездах он быстро превращается в гелий, и считается, что современные запасы дейтерия образовались из водорода вскоре после Большого взрыва, причем от превращения в гелий их предохранило быстрое остывание Вселенной. Во-вторых, три легких элемента — литий, бериллий и бор — в условиях звезд легко превращаются в гелий и углерод, и их синтез происходит в межзвездной среде в реакциях с участием космических лучей. Пики на графике, соответствующие свинцу, урану и торью, означают, что заметная

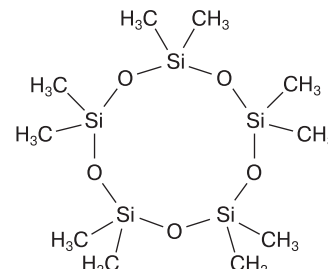
часть этих элементов образовалась путем распада их более тяжелых соседей. Свинец и висмут — два последних стабильных элемента, а уран и торий — два последних относительно стабильных (период полураспада измеряется миллиардами лет).

Таким образом, существование жизни на основе бора запрещено ядерной физикой: малая устойчивость ядра этого элемента приводит к тому, что его содержание во Вселенной в миллион раз меньше, чем кислорода и углерода. Об этом можно сожалеть, потому что химия бора интересна и разнообразна, а в паре с азотом он может образовывать близкие аналоги органических соединений углерода (рис. 2):



**2**  
 Боразол  $\text{B}_3\text{H}_6\text{N}_3$  (аналог бензола) и пентаборан  $\text{B}_5\text{H}_5$

С кремниевой жизнью сложнее. Хотя сам кремний доступен в избытке, в присутствии кислорода и воды он склонен образовывать весьма устойчивые нерастворимые силикаты. В отличие от углерода, кремний не образует сложные пи-связи, охватывающие более двух атомов, — а только благодаря пи-связям органические молекулы способны к сложным взаимодействиям со светом, вплоть до фотосинтеза (рис. 3).



**3**  
 Декаметилциклопентасилоксан — одно из устойчивых и широко используемых кремнийорганических соединений

Синтез большинства кремнийорганических веществ требует отсутствия воды. Более подходящим растворителем был бы фтороводород HF. Однако единственный устойчивый изотоп фтора —  $^{19}\text{F}$  — образуется в звездных ядерных реакциях с весьма малым выходом, и содержание фтора во Вселенной примерно в десять тысяч раз ниже, чем кислорода. Кислород же и углерод являются самыми распространенными элементами Вселенной после водорода и гелия, и неудивительно, что живые организмы состоят в основном из них. Пока остановимся на этом, а в следующем номере расскажем, как возникли первые научные представления о происхождении жизни.

**М.А. Никитин**

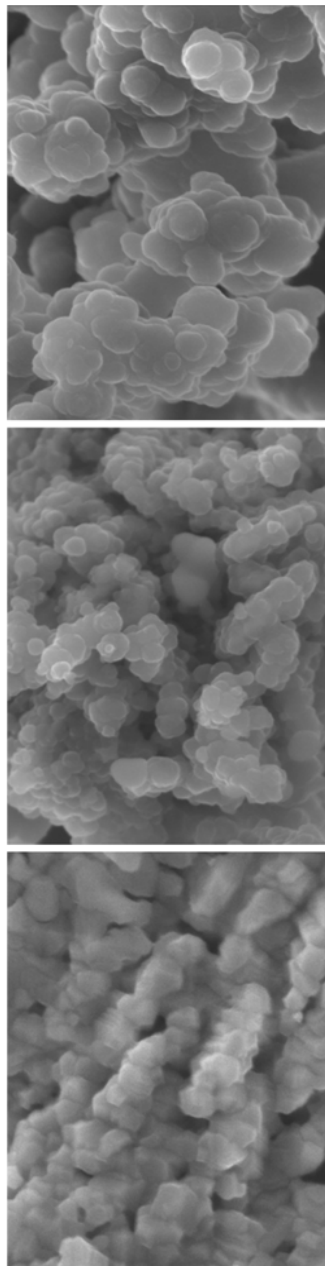
# Pr Празеодим: факты и фактики

**Встречается ли празеодим в свободном виде?** В свободном виде в природе празеодим не встречается, поскольку медленно окисляется на воздухе с формированием хлопьев рыхлого оксида  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  черного цвета. Глядя на эту формулу, нетрудно заметить, что валентность металла в соединении странная, больше трех, но меньше четырех. Считается, что это не индивидуальное соединение. Подвижность электронов у него высокая, что играет важную роль при создании катализаторов, датчиков и электронных компонентов. И в то же время он отнюдь не проводник, а хороший изолятор.

Как и положено редкоземельным элементам, встречается празеодим в смеси со своими ближайшими родственниками и отделяется от них с трудом. Его содержание в земной коре 4,5–9 мг/кг, в морской воде –  $2,6 \cdot 10^{-6}$  мг/л. Килограмм этого металла в 2012 году стоил 4700 долларов — примерно как 2,75 унции золота. Применение — несколько тысяч тонн в год.

**Как его нашли?** История открытия празеодима сопровождалась чередой ошибок. В 1839 году Карл Мозандер заметил, что открытая ранее цериевая земля неоднородна. Выделенное из нее вещество он назвал лантановой землей. А в 1841 году ему же удалось выделить из последней новую землю. Ввиду исключительной близости свойств этих земель образующий ее химический элемент получил название дидим — «двойник», «близнец» в переводе с греческого. В 1861 году в раннем варианте Периодической таблицы он даже получил символ Di. Однако в 1879 году французский химик Лекок де Буабодран показал, что дидим неоднороден, и выделил из него новый элемент — самарий. Далее оказалось, что спектр дидима зависит от того, из какого минерала его выделили. В 1882 году Богуслав Браунер из Праги нашел еще одну странность дидима: его атомный вес тоже зависел от исходного минерала. Так стало окончательно ясно, что никакого элемента дидима нет, но Браунер не сумел разделить его на составляющие.

Счастье улыбнулось в 1885 году австрийцу Ауэру фон Вельсбаху, большому специалисту по редким землям.



2 9 6 8 2	<b>Pr</b> 59	2 8 21 18 8 2	14 H
	140,9077±1		
	4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>		
	<b>ПРАЗЕОДИМ</b>		

Он заставил дидим взаимодействовать с азотной кислотой и получил его кристаллическую соль. После сотни операций по фракционной кристаллизации, каждая из которых длилась по двое суток, в его руках оказались кристаллы двух солей — зеленоватой и розовой. Металл, образующий первую, он назвал празеодимом — от «празиос дидимос», «зеленый близнец». Вторую соль приписали «новому близнецу» — неодиму. В металлическом виде чистый празеодим получили в 1931 году.

**Используют ли сейчас дидим?** Несмотря на, казалось бы, кончину дидима, он продолжает существовать в научной литературе. Видимо, причина в том, что отнюдь не всегда имеет смысл разделять два столь близких металла. Так, в 2011 году исследователи, анализирующие состояние переработки редкоземельных элементов, отмечали, что в Калифорнии получают из руды лантановый концентрат и дидим: четверть празеодима и три четверти неодима.

**Где сегодня применяют этот металл?** У празеодима, как и у родственных ему лантанидов, есть два достоинства, ставшие причиной его использования. Это способность к сильной люминесценции за счет перехода электронов между f- и d-подуровнями, которые дают, в частности, поглощение и излучение в ультрафиолетовой области спектра, а также высокий диамагнетизм.

Содержащее празеодим стекло идет на изготовление очков, защищающих от ультрафиолета глаза сварщиков и плавщиков стекла. При этом стекло с оксидом празеодима практически бесцветно, хотя в большом объеме имеет зеленоватый цвет. Свое место нашел этот элемент и в производстве ярко-желтых пигментов для керамики.

В магнитомягкие сплавы системы неодим—железо—бор — именно из них делают, в частности, сердечники генераторов ветряков — празеодим входит, как правило, в качестве добавки к брату. Ведь неодим в природе встречается гораздо чаще — у лантаноидов есть специфическое правило четности: содержание элементов с четными номерами в несколько раз больше, чем с нечетными. Впрочем, разрабатывают и магнитные сплавы только с празеодимом, а еще он значительно повышает прочность и твердость магниевых, алюминиевых и титановых сплавов. Однако в XXI веке празеодим может приобрести новые профессии. Вот несколько примеров.

**Как празеодим применить в электротехнике?** Суперконденсаторы считают незаменимыми устройствами для электромобилей, для энергетических систем будущего, которые будут основаны на ветре и солнечном свете,



в общем везде, где возникают пиковые нагрузки, которые надо сглаживать. Суперконденсатор способен быстро отдавать накопленное электричество и это продлевает в разы срок жизни аккумуляторов, которые хорошо себя чувствуют при постоянной нагрузке. Для создания суперконденсатора требуются электроды с большой удельной поверхностью. Сейчас их делают из пористого углерода, однако возможен и другой подход — наночастицы проводящего полимера. Именно такие частицы, с ядром из оксида празеодима и внешним слоем из полипиррола, получили в 2011 году («*Electrochimica Acta*», 2011, 58, 193–202). Проводимость электрода из таких частиц, нанесенных на никелевую губку, была в полтора раза больше, чем у чистого полипиррола, и способность к накоплению электричества значительно меньше менялась после многих циклов заряда-разряда.

Пытаются пристроить празеодим и в топливные элементы («*Journal of Power Sources*», 2011, 196, 4, 1872–1879). Так, в их разновидности с твердым электролитом, работающей при 600°C, применяют катод из сплава на основе церия и лантана. Его замена на никелит празеодима показала: сопротивление катода можно уменьшить в десять раз, что благоприятно скажется на судьбе такого элемента.

**Может ли пригодиться радиоактивный празеодим?** Радиоизотопы с начала атомной эры используют в медицине для уничтожения раковых клеток внутри организма. Для этого нужно, чтобы изотопы радиоактивного элемента испускали только бета-лучи — электроны — и давали немного гамма-лучей. Электроны очень быстро теряют энергию и практически не вредят здоровым тканям, гамма-лучи же легко пронизывают весь организм, вызывая многочисленные повреждения. Однако небольшое гамма-излучение позволяет легко выявить, в каком месте сосредоточился радиоактивный препарат.

Тяжелые, наполненные нуклонами ядра лантаноидов — отличные претенденты на роль таких медицинских изотопов: добавь в ядро один нейтрон, и тот в силу известного правила радиоактивности, связывающего число протонов и нейтронов в стабильном ядре, быстро превратится в протон и электрон, вылетающий прочь из атома. И действительно, сразу за неодимом в таблице стоит радиоактивный прометий, у которого вообще нет стабильных изотопов.

У празеодима радиоактивный изотоп Pr-142, способный давать мягкое бета-облучение с малым количеством гамма-квантов, получают либо в реак-

торе, либо в ускорителе, обрабатывая нейтронами мишень из стабильного Pr-141. Он отличается от многих других медицинских радиоактивных изотопов небольшим периодом полураспада (19,12 часов) и отдачей 90% дозы за 2,68 суток, то есть источник получается интенсивный и маложивущий. Для сравнения, иттрий-90 имеет период полураспада 64 часа, а фосфор-32 — 14 дней. Гамма лучи уносят лишь 3% энергии радиоактивного распада, что наносит минимальный вред соседним тканям, а бета-электроны проникают в ткань на 3 см. Такой препарат не требует специальных защитных мер, празеодим можно помещать в стеклянные зерна и работать с ним в обычной операционной. Параметры празеодимового источника позволяют применять его для уничтожения клеток рака простаты — в этом случае в опухоль внедряют упомянутые зерна («*Annals of Nuclear Medicine*», 2011, 25, 8, 529–535). Если же использовать наночастицы оксида радиоактивного празеодима  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  — тогда получится оружие двойного действия против рака легкого: сначала празеодим действует на клетки опухоли радиацией, а потом, превратившись в оксид неодима, вызывает их самоуничтожение («*Nuclear Medicine Communications*», 2013, 34(1), 5—12).

Радиоактивные препараты празеодима можно применять и в радиохирургии при лечении артериовенозной мальформации, когда возникает прямая связь между веной и артерией, а также для разрушения уплотнений, образующихся при ревматоидном артрите.

**Какие наноустройства можно сделать из празеодима?** Нанотехнологи хотят воспользоваться способностью празеодима излучать ультрафиолет. Для этого нужно сначала в несколько шагов переместить электрон с f-подуровня на вышележащий d-подуровень, а затем обеспечить его спуск. Навверх электрон загоняют светом оранжевого лазера, при падении он дает ультрафиолет. Если имплантировать отдельные ионы празеодима в нанокристалл иттрий-алюминиевого граната, то получится компактный излучатель ультрафиолета. При определенном искусстве можно сделать даже одноатомный излучатель («*Nature Communications*», 28 августа 2012 года, doi: 10.1038/ncomms2034). Для этого, правда, нужно тщательно очистить сам гранат — вместе с иттрием туда попадает немало атомов празеодима. Такой излучатель, особенно если имплантированные атомы разместить в виде узора, например сетки, пригодится и для производства наноструктур, и для работы с живым материалом. В первом случае на такой кристалл на-

носят слой фоторезиста, освещают лазером, тот вызывает свечение атомов празеодима, и вокруг каждого из них фоторезист полимеризуется в виде полусферы. Во втором случае бактерии, нанесенные на поверхность кристалла, погибают при оранжевом, безвредном для человека, облучении — такой излучатель пригодится и для медиков, и для биологов.

Флуоресценция с использованием f-электронов дает возможность создавать и светящиеся зонды для исследования крупных молекул, например ДНК. Дело в том, что внешнее поле сильно влияет на геометрию электронных облаков, а стало быть, и на параметры свечения. Чтобы этим воспользоваться, ион празеодима прикрепляют к какой-то малой органической молекуле. Когда она присоединится к ДНК, ион изменит характер своего свечения и, глядя на него, исследователь сможет узнать, как осуществляется эта связь («*Spectrochimica Acta A*», 2011, 78, 389—395).

Еще одна перспективная область для празеодима — квантовые компьютеры. Его ядро обладает спином, направление которого можно менять с помощью излучения. В этом состоянии ядро празеодима может пребывать долго, десятки секунд. Узнать же о направлении ядерного спина можно, изучая кванты света, испущенные этим атомом при флуоресценции («*Nature Communications*», 28 августа 2012 года, doi: 10.1038/ncomms2034). Более того, можно организовать взаимодействие празеодимовых кубитов, даже если они расположены на расстоянии в десятки нанометров друг от друга, что подталкивает интересные идеи для разработки твердотельного квантового компьютера.

**А. Мотыляев**



# Один шарик и тридцать семь ячеек

С.Анофелес

**Ш**арик, брошенный ловкой рукой крупье, катится по наклонному бортику колеса рулетки, затем скатывается вниз и замирает в одной из ячеек с нанесенными на них номерами. Ячеек в европейском варианте рулетки 37 — 36 номеров и один двойной ноль. Угадал игрок — получает выигрыш: максимум в тридцать пять раз больше ставки; нет — его фишки отойдут крупье. Если считать, что попадание шарика в какую-то ячейку — событие случайное, то вероятность угадывания окажется 2,7%, вот почему казино никогда проиграть не может.

Однако случайный характер этого явления не раз и не два подвергался сомнению теми игроками, которые хотели

найти систему в движении шарика. «К черту систему! Никаких систем не существует. Я как-то выиграл семнадцать раз подряд, но тут система была ни при чем. Просто дурацкое счастье!» — так пытался Джек Малыш отговорить Смока Беллью от идеи обыграть казино в Доусоне. «Нам известно, что в рулетке не может быть никаких систем. Так говорят все ученые математики. Рулетка сама по себе система, и все другие системы против нее бессильны, в противном случае арифметика — чушь. Если система может победить систему, значит, системы не существует», — поддакивал ему хозяин казино Гарвей Моран, другой герой той же повести Джека Лондона «Смок Беллью». Однако Смоку все-таки удалось систематически выигрывать, и причиной была не математика, а физика — закономерная, а не случайная траектория движения шарика из-за разошедшегося колеса.

Оказывается, эта история основана на реальном случае. Английский механик и математик-любитель Уильям (по другой версии Джозеф) Джаггер однажды заметил, что при наклоне колеса рулетки исход отнюдь не равновероятен, чем и можно воспользоваться для получения выигрыша. Приехав в 1873 году в Монте-Карло, он месяц с лишним наблюдал за игрой и



для каждого из шести столов обнаружил отклонения от чисто случайного исхода. Используя находку, Джаггер неделю выигрывал приличные суммы. Администрация казино заметила необычное везение игрока, призадумалась — и поменяла местами колеса столов. Серия выигрышей закончилась. Однако провести инженера-механика было непросто. Он снова пустился в наблюдения и на этот раз сумел определить индивидуальные различия именно колес. Отслеживая их перемещения по столам, Джаггер менял тактику и опять оставался в выигрыше. Считается, что он выиграл огромную по тем временам сумму в 65 тысяч фунтов стерлингов, и этот случай послужил созданию в 1892 году песни Фреда Гилберта «The Man Who Broke the Bank of Monte Carlo» («Человек, который сорвал банк в Монте-Карло»). Впрочем, есть и другое мнение: героем песни был вовсе не математик Джаггер, а удачливый игрок Чарльз Девилл Уэллс, несколько раз выигрывавший там же в 1891 году по миллиону франков.

Вообще же, история рулетки неразрывно связана с математикой, есть даже предположение, что к созданию игры приложил руку сам Блез Паскаль. Этот французский математик прославлен разработкой первой вычислительной машины, предка арифмометра, и более того, именно Паскаль организовал по поручению канцлера Людовика XIV де Сегье массовое производство таких машин — в количестве пятидесяти одной штуки. Ему же принадлежат доказательства существования атмосферного давления (не зря оно в СИ измеряется в паскалях), идея гидравлического пресса и, что имеет прямое отношение к делу, создание в переписке с Пьером де Ферма основ теории вероятностей. Эта его работа была основана на анализе азартных игр и связана с поиском правильной стратегии выигрыша. Насколько легенда соответствует истине, неясно, но спустя сто лет после смерти Паскаля парижане уже всю просаживали деньги в рулетку.

В 1914 году другой великий французский математик, Анри Пуанкаре, создатель топологии, математического аппарата теории относительности и автор множества других достижений — рассуждая в работе «Наука и методы», использовал именно рулетку. Правда, это был весьма упрощенный вариант — в нем не было шарика, а только вращающееся колесо с чередующимися секторами красного и черного цвета (сегодня схожий вариант называется Колесом фортуны). Расчет показал, что точка остановки диска строго определена начальными условиями, в частности исходной скоростью диска. Однако малейшие изменения начальных условий приводят к значительному изменению результата. Иначе говоря, при всей предопределенности каждого исхода воспользоваться ею нельзя — непрерывное распределение исходных скоростей в серии игр делает все результаты равновероятными. Введенное Пуанкаре представление о зависимости исхода от незначительных изменений начальных условий какого-то процесса лежит в основе современной теории хаоса.

Следующую значительную попытку в создании системы для выигрыша в рулетку предпринял Эдвард Торп, тогда студент-второкурсник Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Свою деятельность в этом направлении Торп начал в 1955 году, поводом же, как он сам признается, стали женитьба и желание разбить цепи нищеты: молодая семья жила на сто долларов в месяц в студенческом общежитии. Суть идеи, высказанная как-то на совместном чаепитии с соседями, состояла в том, что чем лучше сделано колесо рулетки (а после успеха Джаггера хозяева казино стали пристально следить за качеством колес и правильностью его установки), тем меньше случайных факторов влияет на движение шарика. А значит, математическая модель рулетки существенно упрощается, давая возможность точно рассчитать траектории всех движений, влияющих на результат.

Первые опыты он провел в перерывах между подготовкой диссертации по ядерной физике, на игрушечной рулетке

(ее при неподъемной цене в 25 долларов Эдварду подарил один из студентов), пытаясь заснять и хронометрировать движение шарика с помощью бытовой кинокамеры. Ничего не получалось: шарик прыгал по неровному колесу, камера снимала плохо. Многочасовые катания шариков по полу также не приблизили Торпа к успеху. Однако это исследование вызвало у него такой интерес к математике, что он перевелся на математическое отделение и вскоре сделал работу о математической модели игры в очко. Реферат заявленного на конференции Американского математического общества в 1960 году доклада «Формула успеха: игра в очко» имел такой успех, что возникла мысль как можно быстрее опубликовать полный текст в «Proceedings of the National Academy of Science». Для этого нужно было заручиться рекомендацией какого-нибудь академика. Эдварду удалось записаться на прием к Клоду Шеннону, преподававшему в Массачусетском технологическом институте и уже прославившемуся в качестве создателя теории информации. Кроме того, Шеннон сделал первую машину, умеющую играть в шахматы, первую промышленно выпускаемую радиоуправляемую игрушку, устройство для складывания кубика Рубика и много чего еще.

Встреча состоялась, причем секретарша предупредила: мэтр сможет уделить лишь несколько минут. Их хватило для того, чтобы Шеннон поправил заголовок статьи на более скромный: «Предпочтительная стратегия для игры в двадцать одно», пообещал представить текст в журнал и поинтересовался, чем еще занимается молодой ученый. Тот и поделился идеей математического описания рулетки. Спустя два часа обсуждения они расстались партнерами. Вскоре в лаборатории Шеннона привезли настоящий игорный стол из казино, высокоскоростную кинокамеру, стробоскоп и прочее необходимое оборудование. Целью исследования было определение зависимости траектории шарика от начальной скорости его движения.

Напомним устройство современного колеса рулетки. Оно состоит из двух частей: вращающегося доньшка, называемого ротором, и неподвижного статора — окружающих его достаточно пологих бортиков. На роторе расположен круг, разделенный низкими стенками на 37 ячеек немного большего размера, чем диаметр шарика. Каждой ячейке присвоен номер от 0 до 36, причем последовательность этих чисел случайна. Кроме того, ячейки через одну окрашены в красный или черный цвет, а двойной ноль — в зеленый. Крупье раскручивает ротор и запускает шарик так, чтобы он вращался вдоль бортика в противоположную сторону. Через несколько кругов шарик теряет энергию движения, сваливается на ротор и может либо сразу замереть в одной из ячеек, либо перекатиться через стенку и остановиться в какой-то из соседних. Как правило, ставки разрешено делать до тех пор, пока шарик вращается вдоль бортика. Игрок же в простейшем случае угадывает цвет ячейки или чет-нечет (тогда выигрыш будет 2:1), а в сложнейшем, поставив на номер ячейки, может получить 35:1. Есть и промежуточные варианты — ставки на несколько чисел от 2 до 18 с пропорциональным уменьшением выигрыша.

Потеря энергии шариком во время движения определяется трением, сила которого зависит от качества поверхности бортика. И если она хорошо отполирована, можно рассчитать, за какое время энергия истратится и шарик упадет на ротор. В свою очередь, зная расположение ротора до начала движения и скорость его вращения, можно определить, как будет ориентирована шкала с числами во время остановки шарика, то есть рассчитать, в какую ячейку шарик свалится. Конечно, тут действуют случайные факторы: шарик сталкивается со стенками ячеек под непредсказуемыми углами и способен перепрыгнуть в соседнюю ячейку, пальцы крупье могут вспотеть и сила трения изменится, так же, как и от пепла сигареты, который какой-то игрок уронит на колесо.

Однако в общем случае все определяется характеристиками колеса и шарика.

Согласно схеме, составленной Торпом, после того, как крупье запустил шарик, расположенный на стоящем рядом с колесом наблюдателе компьютер замеряет необходимые параметры, рассчитывает результат и сообщает их игроку, находящемуся в другом конце стола. Тот быстро делает ставку и получает выигрыш.

В 1969 году наблюдения в разных казино показали, что задача предсказания в реальности упрощается: у трети колес имеется наклон на угол, больше, чем  $12^\circ$ . Этого вполне достаточно, чтобы сработал эффект Джаггера. В общем, при помощи компьютера есть возможность предсказать место падения шарика с вероятностью 44%. История умалчивает, воспользовался ли Торп своей системой. Во всяком случае, эта работа прибавила ему популярности, и ныне он профессор математики, менеджер хэдж-фонда, занимающегося финансовыми спекуляциями, а кроме того, считается одним из создателей современных приложений теории вероятности для выбора тактики работы на фондовой бирже. Видимо, это и позволило ему «разбить цепи нищеты», правда, не так быстро, как мечталось в середине 50-х.

Чтобы не искушать всамделишных игроков, которыми движет страсть к наживе, а не любовь к математике, Торп воздержался от публикации уравнений, с помощью которых можно было бы воспроизвести эту схему обыгрывания казино. Однако двух студентов Калифорнийского университета в Санта-Круз, Дойна Фармера и Нормана Паккарда, это не остановило. Повторив опыты Торпа — Шеннона и построив в 1977 году уравнения движения шарика и ротора, они решили действовать. В подошву ботинка встроили микропроцессор, которым наблюдатель управляет с помощью пальцев ноги. На теле игрока закрепили электромагнитные вибраторы: принимая сигнал от компьютера, они сообщали, в каком секторе из пяти ячеек остановится шарик. Явившись в Лас-Вегас в 1978 году, исследователи выиграли 10 тысяч долларов, причем игрок получил травму — солениды вибраторов били током. Научное любопытство позволило выдержать это испытание, однако в месте контакта возник ожог. Выигрыш друзья решили потратить на поддержку научных исследований, и не зря: сейчас они стали известными специалистами в теории хаоса, разработке генетических алгоритмов и клеточных автоматов. В частности, на этой основе в 1985 году они создали алгоритм предсказания движения фондовых индексов и основали существующую по сей день компанию, которая этими предсказаниями занимается, будучи подразделением швейцарского банка UBS.

Но подобные работы выпустили джинна из бутылки. Например, в 2004 году группа игроков, используя схожую технику, только уже XXI века — лазерные сканеры и сотовые телефоны, — сорвала банк лондонского казино Ритц, забрав 1 миллион 300 тысяч фунтов стерлингов. Полиция арестовала их за мошенничество, но вскоре была вынуждена отпустить, поскольку суд решил, что стоять за спиной у крупье и светить лазером на колесо не возбраняется. Впрочем, как указывал Торп, у казино есть простой способ борьбы с такими умниками: достаточно запретить делать ставки после того, как шарик вброшен в колесо. С другой стороны, подобные запреты порождают сомнения в честности крупье, ведь только в случае, если ставка сделана после того, как он закончил работать руками, обвинения в обмане игрока будут беспочвенны.

Однако математическая история на этом не заканчивается. В свежем номере журнала Американского физического общества «Chaos» (2012, 22, 033150; doi: 10.1063/1.4753920) Майкл Смолл из Пертского университета, работающий по совместительству в Политехническом университете Гонконга, вместе со своим коллегой Чи Кунцэ рассказали об испытаниях новой

математической модели рулетки. Кстати, они же поведали и значительную часть приведенной в этой заметке истории вопроса. Исследователи полагают, что сумели описать движение колеса и шарика, зная для каждого три параметра: исходные позицию, скорость и ускорение. Причем, по их мнению, просто пересчитывая число вращений колеса и шарика, можно по итогам длительной игры уйти из казино в плюсе на 18%.

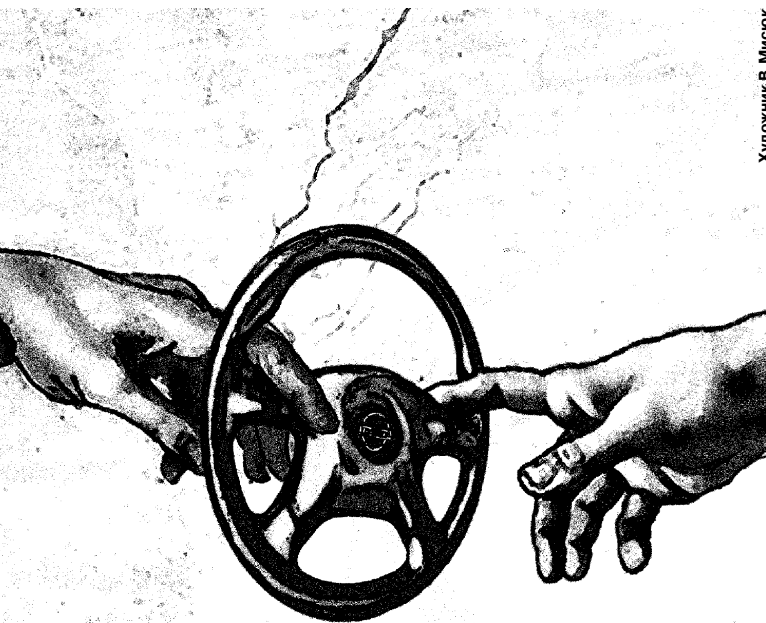
Цель расчета — определить, за какое время шарик достигнет обода колеса. Тогда, зная скорость вращения и начальное положение последнего, легко рассчитать, в какой ячейке откажется шарик. Движение шарика распадается на несколько этапов. Вначале он движется по наклонной стенке бортика, постепенно замедляясь из-за силы трения. Радиус орбиты не меняется — его поддерживает центробежная сила. Как только сила тяжести превысит ее, шарик переходит ко второму этапу: он начинает свободно катиться по стенке, приближаясь к ободу. Скорость этого движения зависит в конечном счете от угла наклона стенки. Когда радиус орбиты уменьшается до радиуса колеса, шарик попадает в одну из ячеек. Наклон колеса вносит свою долю, запрещая падения в какой-то сектор.

Как же измерить все шесть параметров, необходимых для предсказания исхода игры? Оказывается, не так уж и сложно. Нужно дважды зафиксировать моменты, в которые шарик и колесо проходят условленную точку. Сделать это можно, нажимая в такой момент контрольную кнопку — как и поступали Фармер и Паккард со своим ножным компьютером, а дальше тот рассчитает по формулам все основные параметры. Проверка такого простого алгоритма действий на экспериментальном игровом столе показала, что в 13 случаях из 22 удается угадать, в какую половину колеса свалится шарик. Если делать ставки на все числа этой половины, как раз получится итоговый выигрыш 18%. Пусть не миллионы сразу, но весьма надежно.

Более интересные результаты получились у Смолла и Ци, когда они применили для наблюдения за колесом цифровую камеру со скоростью съемки 90 кадров в секунду. С ее помощью компьютер сразу получал все необходимые данные для расчета и выдавал указание уже не на половину круга, а на конкретный номер. Анализ 700 опытов показал: исходное предположение — качество профессионального колеса столь высоко, что параметры движения раз от раза не меняются — совершенно справедливо. Главное же, что вероятность найти шарик в предсказанной ячейке была с надежностью 99% выше, чем чистая случайность. Правда, вовсе не столь высокой, чтобы позволить быстро сорвать банк. Интересной особенностью то ли алгоритма расчета, то ли используемого стола оказалась почти столь же повышенная по сравнению со случайностью вероятность попадания шарика в ячейку, расположенную примерно за треть круга до предсказанной.

Авторы работы делают вывод, что рассчитать исход игры в принципе возможно. Однако тут нет ничего страшного: правильно сделать это удастся отнюдь не каждый раз — мешают не учтенные в математической модели факторы. Поэтому и игроку трудно сорвать банк с помощью различных технических новинок, и крупье нелегко обмануть игроков и так запустить шарик, чтобы выигрыш оказался как можно меньше. На последнее обстоятельство, впрочем, обращал внимание еще Торп: поскольку исходное положение колеса случайно, как бы крупье ни принаравливался запускать шарик, добиться преднамеренного результата ему не удастся.





Художник В. Мисюк

# Свобода ВОЛИ

Misyuk



Илья Мирмов

НАНОФАНТАСТИКА

Михаил Антонович Красовский в Бога не верил. Сказывались советское (ввиду среднего возраста) воспитание и занятия фундаментальной наукой. Впрочем, в последнее время свою позицию он смягчил и формулировал свой взгляд на эту тонкую материю следующим образом: «Строгое доказательство существования Бога отсутствует. Увы, и обратное утверждение верно — аргументированно доказать, что Бога нет, тоже не удается».

Однако эмоциональную составляющую подобных «доказательств» Красовский никогда не рассматривал. Будучи все-таки ученым, он интересовался лишь фактической стороной проблемы. Уж до чего, казалось бы, неуловимая частица нейтрино, а вот в ее существовании уже давно никто не сомневается. Нейтрино, кстати, лучше всего подходят на роль Бога — они вездесущи и всепроникающи, и так же, как и Богу, им нет до нас никакого дела. Другое дело, что уж больно много, понимаешь, этих самых нейтрино вокруг да сквозь нас летает: через каждый квадратный сантиметр поверхности — десять в двенадцатой степени штук в секунду. Суетливый какой-то Бог получается!

Думать о вечном удается далеко не всегда, зато повседневные заботы достают. Настолько, что и обращение к Богу, даже в устах самого закоренелого атеиста, не покажется удивительным. К двум традиционным проблемам в России (дуракам и дорогам) прибавилась третья — пробки. Проведешь в них часик-другой — никаких эпитетов не жалко! Вот и в этот раз Михаил к концу третьего часа пути из Москвы домой, в окрестный академгородок (длина маршрута — 27 км!), исчерпав запасы идиоматических выражений, возопил в пространство вполне политкорректно: «О господи! Когда это закончится?!»

Вопрос по всем признакам был риторический, но неожиданно получил ответ: «А ты хоть лотерейный билет купил?» Голос был мужской и шел из динамиков автомобильной музыкальной

системы. Первая реакция водителя была самая разумная: спать, блин, за рулем нельзя! Даже стоя в пробке. Вторая — поиск естественного источника голоса. Но откуда он возьмется, если машина отделена от внешнего мира закрытыми стеклами (лето, жара, кондишн струячит на полную), а плеер выключен, потому что уши завяли музыку слушать.

Красовский отвлекся, чтобы сдвинуться вперед на несколько метров и встать опять — не пробиться было даже по обочинам: двухполосное шоссе вмещало в себя четыре ряда осатаневших авто. Ругаться уже не было сил, а поговорить с неработающим плеером можно. Пока никто не слышит и не усомнится в его, Красовского, душевном здоровье.

— Это по анекдоту, что ли? — осторожно спросил он кондиционированное пространство своего «ниссана».

— Ага, — согласились динамики. Качество звучания было на высоте — четко, ясно, с модуляциями и с легким концертным ревербом. — Если честно, мне уже икается.

Красовский вспомнил свое обращение («о господи!») и приуныл — это же все мировоззрение псу под хвост! Хотя... Глупо было бы не воспользоваться моментом:

— А что я могу сделать? Один. Без Божьей помощи...

— Ну почему один-то? — удивился собеседник. — Если бы ты один ко мне обращался, уж поверь, меня бы не проняло. Но когда сразу (и заметь, одномоментно!) более восьмидесяти миллионов душ, то никакой высший разум не выдержит. Снизойдет.

— Но разговариваете вы только со... — Из динамиков слышался настолько явный смехок, что Михаил прервал фразу на полуслове и совсем непочтительно воскликнул: — Ну ёлы-палы, если хватает размаха беседовать с таким количеством людей одновременно, то почему нельзя убрать эти чертовы пробки?!

— Во-первых, попрошу выбирать выражения.

— Извините.

— Во-вторых, кто эти пробки устроил? Я?

— Нет, но...

— Вот ты человек образованный, грамотный, кандидат наук даже, нейтрины ловить умеешь...

Красовский гулко глотнул (все ведь знает!) и еще на пять метров рванул вперед. Собеседник сделал деликатную паузу и продолжил:

— Сам подумай, как я могу помочь сразу всем, кто ко мне обратился?

— Перенести народ по домам!

— Э-э-э, нет! Я обязан обеспечивать свободу воли любому разумному. А вдруг кто-то не захочет... Не перебивай! А вдруг кому-то (из тех, кто не за рулем) перенос создаст непреодолимые проблемы? Лоббируя интересы такой массы народа, я никак не смогу совсем никого не задеть. Кто-то окажется в проигрыше.

Красовский вздохнул и пробормотал:

— Тяжела и неказиста аура идеалиста... Ладно. Не надо всем. Давайте только мне (ну не мог он с Богом на «ты!»). Я готов купить лотерейный билет. Что надо делать?

— Вот-вот! — с удовольствием откликнулся голос. — Девяносто семь и три десятых процента обратившихся решили отказаться от глобального подхода и начать с себя. Но мое решение в общем-то простое. Ну и скорее пригодится на будущее...

— Я весь внимание!

— Не садись вечером в пятницу за руль. Особенно летом и если едешь из Москвы за город.

— Твою мать! — в сердцах сказал Красовский, но испугаться содеянного не успел. Неожиданно впереди по курсу образовался просвет, и разговаривать с Богом стало некогда. Оставшийся путь занял менее десяти минут. И на том спасибо.



# Проклятье Жеводана

Кандидат биологических наук  
**А.С.Ермаков**

*La Bèstia de Gavaudan* называли это существо на окситанском языке, распространенном когда-то в южной Франции. Нетрудно догадаться, что первое слово переводится как «бестия», «зверь». А Жеводаном называлось до Французской революции графство на юге Франции. Жеводанская Бестия — таинственное чудовище, терроризировавшее местное население в течение целых трех лет — с 1764 по 1767 год. Уничтожить его долго не могли ни военные, ни профессиональные охотники.

## Немного истории и географии

Графство Жеводан располагалось на границе Оверни и Лангедока; значительная его часть теперь входит в департамент Лозер. С севера к Жеводану примыкает горная гряда Маржерид с наивысшей точкой в 1495 метров. Площадь графства в середине XVIII века составляла примерно 6000 км<sup>2</sup>, и проживало в нем около 100 тысяч человек. В то время, да и позднее, место это было дикое — первая крупная магистраль связала его с остальной Францией в 1945 году, электрификация городов началась в 1920-х. Климат по европейским меркам суровый: лето жаркое, зима холодная, нередко выпадает снег. Вдобавок 1560—1760 годы пришлись на так называемый малый ледниковый период, и морозы доходили до -40°C.

С 1715 года страной правил Людовик XV. Поначалу король пользовался популярностью, но за долгие годы успел поднадоесть. В начале века на юге Франции идут войны между гугенотами и католиками, причем Жеводан остается верен Римскому папе. К 1764 году трения между католиками и протестантами в этой области Франции ослабевают. Зато по всей стране нарастают антимонархические настроения: вольнодумцы бросают вызов установленному порядку вещей, зарождаются революционные идеи. Кроме того, страна ввязывается в Семилетнюю войну с Англией, несет людские потери, проигрывает войну, теряет колонии (Индию и Канаду). Все это вызывает недовольство в народе. Жеводан — бедный регион, и крестьянам приходится особенно тяжело трудиться. Дома их расположены далеко друг от друга, а скот иногда приходится гонять на дальние пастбища.



## Появление Бестии и первые убийства

Весной 1764 года крестьяне погнали скот на пастбища. Пастухами в те годы часто бывали женщины, дети и подростки. Волки в этих местах встречались нередко, но боялись даже вооруженных палкой женщин и подростков, тем более если с ними были собаки.

Первого июня 1764 года странное животное атаковало женщину из деревни Лангонь, которая пасла стадо неподалеку от леса Меркуар в южной, равнинной части Жеводана. Неожиданно собаки испугались чего-то и убежали, а быки и коровы опустили рога и приготовились к обороне. Появилось существо, напоминавшее волка, но размером с теленка, с удлиненной головой, длинной шеей, с мощной и широкой грудью, короткими и прямыми ушами, мордой как у борзой собаки, и очень длинными зубами, торчащими по обе стороны пасти.

Пастушка попыталась отбиться палкой, но это лишь раззадорило Зверя. Зато на помощь двинулись быки! Той женщине повезло — быки отогнали чудовище, она осталась в живых и смогла рассказать односельчанам: «Зверь был похож на волка, но это был не волк. Голова его была намного больше и вытянута, вдоль всей спины шла черная полоса. И искал он не скот, он меня хотел!» Ей мало кто поверил, люди решили, что она видела обычного волка.

Менее через месяц погибла молодая пастушка неподалеку от деревни Юбак. Ее останки нашли 30 июня. Восьмого августа была убита

*Придворные Людовика XV осматривают чучело волка из Шаз. Это точно был волк, и почему у него по пять-шесть пальцев на лапах — вопрос к художнику, рисовавшему для газеты*

пятнадцатилетняя пастушка из Пюи-Лоран в долине Алье, 25 августа — юноша-пастух из Шейлар-л'Эвек на самом краю той же долины у реки Меркуар. Позднее выяснилось, что еще в апреле и мае 1764 года пастухов атаковало страшное существо.

Охотников в подмогу крестьянам прислал местный дворянин Этьен Лафон, член парламента Тулузы от епископства Манда. Охотники и крестьяне прочесали лес Меркуар площадью 10 тысяч гектаров, но ничего не нашли. Шестого сентября множество людей видели огромного волка, бегущего к северу от древней крепости Шатонф-де-Рандон. В двух километрах от этого места чудовище убило молодую женщину, вонзив клыки ей в горло. Собралось ополчение из местных жителей, люди вооружились чем попало. Животное прогнали, но женщина погибла.

Карта Жеводана



Затем чудовище ворвалось в деревню Эстрет через открытые ворота! На сей раз Бестию увидело множество людей. Описание совпадало с тем, что дала пастушка еще в июне: зверь огромный, крупнее волка, очень быстрый, мохнатый, рыжий, с черной полосой вдоль спины, с большой головой, удлинненной мордой, сильными лапами и длинными когтями, вонзающимися в землю. Зверь отличался от волка не только внешне, но и крайней агрессивностью.

## Драгуны против Бести: первая кампания

Этьен Лафон устанавливает контакт с капитаном Жаком Дюамелем — офицером расквартированной в Лангони драгунской части. Лафон предлагает 200 ливров тому, кто расправится с чудовищем.

15 сентября Дюамель и его драгуны приступают к патрулированию. Капитан действует методично, вооруженные драгуны и крестьяне прочесывают лес Меркуар и прилегающие пастбища. Но 26 сентября Бестия убивает девочку, и затем убийства продолжают. Дюамель управляет охотников в лес, раскладывает куски отравленного мяса на тропах. Почти на две недели чудовище исчезает — отлеживается после отравления?

Однако вскоре кошмар возобновляется. Седьмого октября Зверь убивает восьмилетнюю девочку, 8-го — атакует юношу, но напаривается на его пика во время прыжка, а затем на помощь прибегают люди и отбивают парня.

В октябре Бестия нападает на людей возле Сен-Шели-де-Апше. Становится ясно, что животное покинуло Лангонь и лес Меркуар, пересекло реку Труэр и переместилось более чем на 20 километров к западу. Пока драгуны воюют с чудовищем в Лангони, здесь организуется крестьянское ополчение, на подмогу им приходят охотники. Восьмого октября охотник стреляет в животное с расстояния около десяти метров, оно падает — и тут же встает. Второй охотник тоже стреляет, Бестия опять падает и опять встает. Третий охотник стреляет с 50 шагов, животное падает, но снова встает и скрывается в лесу! Это видели две сотни человек из ополчения. Поползли слухи, что пули Бестию не берут.

Узнав о новых злодеяниях чудища в Сен-Шели, Этьен Лафон отобрал нескольких охотников и сам отправился с ними в те края. Объезжая деревни, Лафон беседует с местными жителями. В первую очередь, говорит он, необходимо как можно меньше выпускать из дома детей и подростков. Пастухам работать как минимум вдвоем и хорошо вооруженными. Увы, его инструкции выполняли плохо: рук не хватало, люди не забыли голод 1750 года, и голода боялись сильнее, чем Зверя.

Завершив инспекцию, Лафон встречается с маркизом Пьером-Шарлем де Моранжи, графом де Сент-Альбан. Графу к тому времени исполнилось 58 лет, он завершил блестящую военную карьеру; это был смелый, опытный и уважаемый в округе человек. Он принимает твердое решение покончить с Бестией.

Двадцать шестого октября по приказу графа в Сен-Альбане, Фонтане, Римезе и Сен-Шели идет мобилизация всех способных к участию в большой охоте, и уже 28 октября 10 тысяч человек начинают прочесывать лес недалеко от Сен-Альбан, где совсем недавно видели Бестию. Результат нулевой!

Тридцатого выпадает снег, продолжать поиски невозможно. Кроме того, Бестия нападает на женщину в Форней, еще дальше на запад. К октябрю чудовище убило по меньшей мере 40 человек. Драгуны перебазировались в Сен-Шели.

Одиннадцатого ноября Бестия появляется в Фо-де-Пейр, в десяти километрах на юго-запад от Сен-Шели. Драгуны бросаются на поиски, но она ускользает. На некоторое время наступает затишье, однако 25 ноября новое убийство женщины — на отдаленном пастбище в Амоне.

Капитан Дюамель применяет новую тактику: разделяет драгун на четыре группы и распределяет их по территории западной части Жеводана. Три недели они упорно ищут Зверя. И вдруг плохие вести приходят из Оверни: 15 декабря убита женщина в Ведрин-Сен-Лу.

Помимо 200 ливров, обещанных за голову монстра Лафоном, 2000 предлагает администрация Лангедока и еще 1400 — епархия Манд. Итого 3600 ливров, огромная сумма по тем временам.

А Бестия 16 декабря атакует молодого человека из Шантлу и скрывается от преследования. Два дня спустя около деревни Кер в приходе Римез девушка отбивается от Бестию топором. Зверь ранен, но даже по кровавым следам его не удается настичь.

Двадцатого декабря чудовище убивает девочку в деревне Пеш прихода Фо-де-Пейр, прямо рядом с ее домом. Двадцать второго декабря, во время прочесывания леса, Дюамель наконец-то увидел чудовище собственными глазами: оно двигалось в их сторону и не замечало солдат. Драгуны выстрелили, но промахнулись. С саблями наголо бросились они в погоню, но лошади застряли в чаще, а чудовище благополучно скрылось. Вскоре Бестия убила девушку в деревне Прад.

Это был полнейший провал! Нельзя сказать, что военный отряд из 57 драгун, охотники и еще 1200 волонтеров из крестьян вообще ничего не сделал за три месяца — уничтожены 74 волка. Но Зверь продолжает терроризировать округу.

Дюамель получает приказ от начальства вернуться с отрядом в Лангонь. О чудище пишут газеты, по южной Фран-



## ГИПОТЕЗЫ

ции продолжают ползти слухи о его сверхъестественной природе.

## Вторая драгунская кампания

Бестия между тем нагнетает все больше. Первого января 1765 года ее замечает возле собственного дома 16-летний юноша из деревни Фальсет, приход Шаналей. Парень вооружен и отбивается от монстра. Вскоре, однако, в окрестностях деревни Мазейль-де-Гре находят труп 14-летнего мальчика, и Бестия врывается в дом семьи Шатонейф. Утром 6 января две женщины из деревни Эскур, неподалеку от деревни Сен-Жери, встречаются по дороге к церкви плохо одетого косматого незнакомца (потом решили, что это был оборотень). Через десять часов чудовище убивает женщину в Сен-Жери. Затем происходит еще несколько убийств. Этьен Лафон вновь обращается к властям, и 10 января капитан Дюамель с драгунами вернулись в Сен-Шели.

Двенадцатого января Бестия напала на пятерых мальчиков и двух девочек неподалеку от деревни Виларе между Грез и Шаналей. Детям удалось отбиться, причем особую смелость проявил тринадцатилетний Жак Портефе. Он становится местным героем.

Потом Бестию замечают в Оверни, но 17 января она возвращается в Жеводан. У Мазейль-де-Гре пастух выстрелил в нее и промахнулся. К счастью, одна из коров помогает ему прогнать чудище.

Поскольку Зверь нападет в основном на пасущих стада подростков, Дюамель прикрепляет драгун к группам пастухов. Результат опять нулевой. Бестия все чаще заходит в деревни и атакует людей. Передвигается она стремительно. Хотя 28 января она на севере, в Оверни, 1 февраля ее видят в Жаволи, южнее всех мест, где она нападала до сих пор!

Чтобы спасти честь мундира, 7 февраля Дюамель устраивают большую охоту. Но Бестия вновь уходит далеко на запад, ее видят в Мальзье, на правом берегу реки Труэр. Одиннадцатого февраля организована еще более грандиозная загонная охота. Сорок тысяч человек охватывают площадь примерно в 2000 км<sup>2</sup>. Привлечены даже женщины и дети. Был убит один волк. И никаких следов

Бестии! Шестнадцатого февраля она опять атакует людей в Оверни, затем снова на юге, в Жаволи.

## Неудачи д'Энневаль

К февралю 1765 года о Звере говорят уже в Париже. До короля доходят слухи о подвиге юного Жака Портефе. Монарх выдает 300 ливров Жаку и еще 350 ливров, чтобы их поделили между собой остальные подростки. Благодаря протекции короля деревенский юноша поступил потом в военное училище в Монпелье и стал армейским офицером.

Король недоволен действиями драгунского отряда. Семнадцатого февраля 1765 года в Клермон-Ферран в Оверни прибывают Жан-Шарль-Марк-Антуан Вамесль д'Энневаль (Денневаль) — выдающийся охотник на волков, лучший во Франции, и его сын Жан-Франсуа, а с ними восемь огромных волкодавов. На счету д'Энневалья-старшего к тому времени было более 1200 волков.

На подготовку у знаменитого охотника уходит около трех недель. В это время Бестия совершает еще несколько убийств, в том числе в Жеводане, в окрестностях Сент-Альбана.

Тринадцатого марта 1765 года в деревне Весея прихода Сент-Альбан происходит еще одно героическое сражение с Бестией. Чудовище нападает на девочку, и 36-летняя Жанна Жув смело бросается на защиту ребенка. Животное оставило девочку и накинулось на мальчика. Женщина бросала в тварь предметы, оказавшиеся под рукой, потом прибежали сыновья 13 и 16 лет, вооруженные пиками и с большой собакой. Всем вместе им удается обратить Бестию в бегство! Случай этот стал известным, король наградил женщину премией в 300 ливров. К несчастью, старшие мальчики были так изранены, что умерли через три дня. Дочь и младший сын выжили.

19 марта д'Энневаль устраивает охоту с собаками в окрестностях Мальзье. Собаки взяли след, но один из крестьян спугнул Зверя выстрелом.

Наступает апрель, а Бестия продолжает свое черное дело. Седьмого

апреля, на Пасху, убита 17-летняя Габриэль Пелисье, красавица и всеобщая любимица. В этот день девушка приняла свое первое причастие. Когда родители дотрагиваются до тела, оказывается, что шея почти полностью перегрызена. Убита красивейшая девушка Жеводана, да еще в день первого причастия! Все больше людей верят, что Бестия — демон.

Наконец, 21 апреля д'Энневаль организует первую большую охоту на Зверя. В ней участвуют 10 тысяч человек. Бестии удается вырваться, и 22 апреля она атакует юношу к северу от Мальзье. В этот день свидетели заметили рядом с ней другую тварь, меньше размером, но похожую. Жители 12 приходов объединяются для второй большой охоты 23 апреля, и снова безрезультатно.

В это время происходит примечательное событие: 10 апреля охотники убивают крупную волчицу и в ее желудке находят человеческие останки. Очевидно, что это не Бестия, однако Лафон начинает думать, что в округе бродит стая волков-людоедов, потому Зверь и кажется неуловимым и вездесущим.

После 23 апреля охотники и добровольцы начинают разбредаться по домам. Снег тает, стоит мерзкая погода, слякоть, да и отдыхать люди должны иногда. Д'Энневаль переезжает из Сен-Шели в Мальзье. Тридцатого апреля он организует еще одну грандиозную охоту с участием жителей 56 приходов. Ставку делает на местных охотников, закрепляя людей за территорией того прихода, в котором они живут. В результате убивают нескольких волков.

А Бестия вновь меняет местоположение. Утром 1 мая несколько копеечников д'Энневалья замечают следы животного в лесу Решав между Мальзье и Сент-Альбаном. Д'Энневаль приезжает с собаками, но выследить Зверя не удается. Вечером того же дня монстр нападает на отца и сыновей Лашамет на пастбище неподалеку от Марле. К счастью, Лашамет-отец был одним из лучших стрелков в округе, вдобавок на помощь прибежали пастух и два крестьянина. В Бестию выстрелили и попали, она дважды ранен. Узнав об этом, д'Энневаль находит сле-

ды крови животного и решает, что оно должно погибнуть. Тупа Бестии не нашли, однако все уверены в ее смерти. В Сент-Альбане стали праздновать гибель зверя, но в разгар веселья пришло известие о том, что в пяти километрах к югу Бестия напала на пастуха. В это поначалу не верят, но появляются и другие свидетельства. Д'Энневаль организует еще несколько охот, опять безрезультатно.

Тридцатого мая происходит заседание кабинета министров, посвященное террору Бестии, в заседании участвует сам король. В течение года — 122 нападения, 66 убитых, 40 раненых! Король в ужасе.

Д'Энневаль пока продолжает бороться с Бестией в нагорной части Жеводана. Здесь до него доходят слухи о семье Шастель и главе этой семьи, 57-летнем Жане Шастеле. Человек странный: необыкновенный лохматый горец, о котором говорят, что он волшебник и главарь шайки колдунов, оборотень и повелитель волков. Живет он с семейством на отшибе, но время от времени навещается в деревню, всегда с огромной собакой.

## За дело берется де Ботерн

16 июня Франсуа-Антуан де Ботерн, аркебузир короля и лейтенант королевской охоты, прибывает в Клермон-Ферран, с ним восемь гвардейских офицеров, шестеро королевских охотников, его младший сын, несколько ищеек и волкодавов. От д'Энневалья, который сдал ему дела, де Ботерн узнает, что вот уже два месяца Бестия находится на территории северного Жеводана у границы с Овернью. Д'Энневаль и его сын покидают Жеводан 18 июля и возвращаются в Париж. Впоследствии король назначил охотнику пособие в размере 350 ливров в год.

На 30 июня де Ботерн объявляет мобилизацию: все свободные мужчины старше 14 лет будут участвовать в охоте на Бестию и на волков. Он запрещает шуметь после захода солнца, обещает награду за каждого убитого волка.

Четвертого и пятого июля чудовище совершает атаки в деревнях прихода Лорсьер; 17 июля его опять видят подростки, по счастью, они успевают за-



Изображения Жеводанской Бестии. Художники ни в чем себе не отказывали, вплоть до чешуи и гребня на спине. Можно понять современных реконструкторов (рисунок справа вверху), не желающих верить, что Бестия была волком...



## FIGURE DE LA BÊTE FAROUCHE

ET EXTRAORDINAIRE, QUI DÉVORE LES FILLES  
Dans la Province de Gévaudan, &c qui s'échappe avec tant de  
vitesse, qu'en très-peu de tems on la voit à deux ou trois lieues  
de distance, & qu'on ne peut l'attraper ni la suer.



браться на дерево. Затем 21 июля Бестия убивает юношу в окрестностях деревни Овер. Де Ботерн готовится к новой охоте: изучает местность вместе с Лафоном и анализирует перемещения Зверя в последние три месяца.

Вечером 3 августа неподалеку от деревни Сервьер Бестия напала на пятилетнюю девочку и потащила ее в лес. Родители бросились в погоню с собакой, которая взяла след. Убегающее животное случайно натывается на вооруженного человека, который задержал его. Потом подоспели собаки и родители, Бестия убежала, бросив добычу. Израненную девочку удалось спасти!

Четвертого августа месье Антуан, как прозвали де Ботерна в народе, приезжает изучать следы Бестии. Происходит еще несколько нападений, и 9 августа де Ботерн понимает, что животное движется в сторону горы Муше. Он переносит ставку в замок Дю Бессет и сразу же встречает там вооруженных людей. Выясняется, что они только что защищались от Бестии.

## Жеводанская дева

Зверь совсем рядом! Де Ботерн решает провести большую охоту 11 августа в районе Черного Леса между Шантлу и Лер.

В этот день две молодые девушки прогуливались в окрестностях Бруссо. Бестия прыгнула на девушку по имени Мари-Жанна Вале, та ударила чудовище пикой. Бестия взревела от боли и поспешно скрылась в лесу. Месье Антуан останавливает охоту и отправляется на место происшествия. Бестии здорово досталось от девицы — лезвие вошло в живую мускулистую плоть на семь с половиной сантиметров. Следы животного были похожи на следы большого волка. Мари-Жанну Вале прозвали Жеводанской девой. Все надеются, что Бестия наконец-то сдохнет от потери крови.

Шестнадцатого августа начинается еще одна большая охота в приходах Трехгорья — в лесу у гор Монмуше, Монгран и Моншове. В ней участвуют

и Шастели: отец Жан, сыновья Пьер и Антуан. Во время этой охоты происходит неприятный инцидент. Братья Шастель сказали двум егерям, что путь впереди ровный, и посмеялись, когда лошадь одного из них провалилась в болото. Егерь бросились на Антуана, хотели его арестовать, но Пьер и отец нацелили на них ружья. На следующий день по приказу де Ботерна арестовывают всех троих Шастелей и везут в Сог, в тюрьму.

Бестию никто не видит, и де Ботерн надеется, что она погибла от раны. Однако 22 августа, во время охоты людей из трех приходов, ее опять замечают. Двадцать девятого августа егерь Риншар ранит крупного волка во время охоты в Черном Лесу, а 31-го крестьяне находят труп большого волка. После 11 августа Бестия не нападает уже три недели. Возможно, найден труп Бестии, а те, кто видел ее позже, ошиблись?

## Волк из Шаз

Увы, это не так! Второго сентября в Диеж, приход Польяк, Зверь напал на девушку, к счастью, ее удалось отбить. Шестого сентября его видели в Лорсьер, а 8 сентября опять в приходе Польяк пропала девушка. К утру нашли ее изуродованное тело.

Одиннадцатого сентября четыре погонщика и шесть мулов двигались в Сен-Флур. Один из погонщиков по имени Жан Гони отстал от группы и неожиданно увидел Зверя. Он выстрелил из ружья с расстояния восьми шагов, и Зверь кинулся на него! Его товарищи услышали выстрел и вернулись, Зверь убежал в лес. Двое погонщиков встретили в тот же день де Ботерна и описали животное: «Гораздо крупнее волка, с черной полосой вдоль спины, рыжеватое, покрытое пятнами». Де Ботерн посылает сына опросить двух других свидетелей, они рассказывают то же. Бестия жива!

До середины сентября нападения продолжают. Дело приобретает международный характер: англичане печатают в газетах карикатуры, насмехаясь над неспособностью французов победить

волка. О Бестии пишет испанская и германская пресса. Король огорчен. Нужен результат, и очень быстро!

В Овернь прибывают из Версаля 16 собак, натасканных на волков. Де Ботерн и еще 40 человек с 17 по 21 сентября объезжают окрестности с собаками, высисывая следы Зверя. Двадцать первого сентября после обеда месье Антуан возвращается. Радостная весть: де Ботерн убил Жеводанскую Бестию! И где? — более чем в 20 километрах от тех мест, где ее ждали.

Де Ботерн и его товарищи проезжали мимо аббатства Шаз, и до них дошла весть об огромном волке, рискающем неподалеку в лесу Помье. Антуан подобрался к нему на расстояние 50 шагов, зарядил ружье пятикратной дозой пороха и, когда Зверь повернулся к нему боком, выстрелил!

Труп волка привезли на опознание и исследование. «Волк из Шаз» был огромен — 80 сантиметров в холке, 1,7 метров в длину, 60 кг весом. Местные жители подтвердили, что таких огромных волков никто прежде не видел. Зато несколько человек опознали в нем Зверя и даже нашли следы ран, нанесенных обороняющимися жертвами, а хирург обнаружил человеческие останки у него в желудке. Де Ботерн объявил, что это и есть Бестия. (Позднее лес у Шаз на всякий случай прочесали еще раз и убили двух волков, вероятно, из той же стаи.)

Из волка сделали чучело, и 3 ноября месье Антуан повез его в Париж. Одиннадцатого ноября он был принят и облакан королем. Его представили к высшей награде — кресту Святого Людовика, выдали грамоту, подтверждающую, что он убил Бестию, и назначили ежегодную пенсию в 1000 ливров. Сын де Ботерна стал офицером кавалерии. На операцию было потрачено около 17 000 ливров, еще 9600 выделила казна на награды участникам.

## Возвращение Бестии

Париж празднует победу над чудовищем, о ней пишут газеты. В течение месяца церковные колокола в Жеводане звонят каждый день. А вот жители не спешат радоваться. Лафон тоже не уверен, что Зверь убит. И аббат Олье из Лорсьера утверждает, что его прихожане не раз видели чудовище в конце октября.

Ноябрь выдался спокойным, люди по-прежнему поверили, что Зверя больше нет. К середине ноября 1765 года вышли из тюрьмы отец и сыновья Шастель.

Второго декабря неподалеку от Ла-Бессейр-Сен-Мари на южном склоне Монмуше пасли стадо Жан Куре 14 лет и семилетний Видаль Турне. Неожиданно скот стал тревожиться. Жан вооружился пикой. И тут появилась Бестия, набросилась на младшего, но юноша ударил





*Битва Мари-Жанны Вале с Жеводанским Зверем (Овер, скульптор Филипп Кеппелин). Внизу та самая пика, которой сражалась храбрая девушка — по крайней мере, так утверждает владелец раритета*

ее со всей силы. Мальчика она все-таки ранила, но тут появились люди и прогнали животное. Это снова был огромный хищник, рыжий с темными пятнами и темной полосой вдоль спины.

Десятого декабря зверь напал на двух женщин недалеко от Лашам в приходе Шалье, 14 декабря тяжело ранена девушка из деревни Польяк. Двадцать первого декабря два пастуха увидели Бестию возле деревни Марсийяк. Неподалеку они нашли обезглавленное тело девочки. 23 декабря Зверь напал на пастушек у деревни Жулианж. Одна из девушек убежала, другая пыталась отбиваться, и Зверь утащил ее.

Ужас вновь охватывает Жеводан. Страшные вести доходят до Парижа. Король в печали — недавно от туберкулеза умер его сын, а тут еще опять Бестия! Официально она мертва, и король пресекает распространение слухов.

Лафон направляет письма властям, пытается объяснить, что Зверь вернулся, и в ответ получает рекомендации принять меры по борьбе с волками. В официальной переписке Зверь больше не упоминается, и никто не хочет снова начинать борьбу, тем более что иные из высокопоставленных чиновников получили награды за успешную операцию.

Четырнадцатого марта чудовище нападает на отца и восьмилетнюю девочку у деревни Ликон в приходе Сен-Прива-Дю-Фо. Отец, отбиваясь пикой, несет дочку на руках, но по дороге она умирает от ран. Двадцатого марта Зверь атакует молодого всадника у деревни Жулианж. К счастью, ему успевают прийти на помощь. В конце марта Бестия опять убила ребенка, а 17 апреля в приходе Клавьер накинута на двух девочек, одна из которых умирает от ран. Нападения продолжают и в следующие шесть месяцев, иные со смертельным исходом.

На равнине Бестия давно не появляется, все атаки происходят в районе Трехгорья. Жители Ла-Бессейр-Сен-Мари замечают, что, пока отец и сыновья Шастель сидели в тюрьме, атак не было. Кроме того, Бестия часто запрыгивает в окна домов. Ее почему-то не убивают выстрелы. Странно все это...

В то же время, начиная с весны, власти занимаются поправой волков. Отравленные приманки убили одного волка, а также десятки собак. Бестия же 15 сентября на глазах у всей деревни напала на женщину возле ее дома в Сервьере и бросилась на вооруженных людей, прибежавших на подмогу. В нее стреляли, но Бестия скрылась. Множество свидетелей подтверждали, что это именно Бестия, а не волк и что пули ее не берут.

За 11 месяцев после официального заявления об уничтожении Бестии произошло 41 нападение, 21 человек убиты.

Вновь приходит зима, полевые работы и выпас скота прекращаются. Прекращаются и нападения — до весны.

## Конец Жеводанской Бестии

2 марта 1767 года в деревне Сервьере 11-летняя Мари Плантен играла с отцом. Неожиданно появился Зверь, схватил девочку и потащил в лес. Отец не смог ее защитить... В марте и апреле череда нападений продолжилась. Крестьяне начали роптать. Когда об этом услышал 20-летний маркиз Жан-Жозеф д'Апше, на землях которого бесчинствовал Зверь, он решил найти его с помощью нескольких охотников из Манда, присланных Лафоном. Маркиз сосредоточил усилия на лесах у Монмуше, особенно на лесе Теназейр. Местность здесь дикая — много пещер, лощин.

К этому времени становится очевидной одна деталь. Кем бы ни была Бестия, демоном или диким зверем, теперь она орудует на небольшой территории в горной части Жеводана — вокруг Сен-Шели, примерно в дюжине приходов, в первую

очередь это Ла Бессейр-Сен-Мари, Овер, Польяк и Сервьере. Времена, когда оно бегало по равнине, прошли. Зато для Трехгорья весна 1767 года стала самой страшной. В мае нападения следуют одно за другим. Де Ботерн купается в лучах славы, газеты молчат, и лишь 15 мая «Газет де Франс» пишет о «хищном волке», появившемся в Жеводане якобы только 1 мая. Потом нападения случаются чуть ли не каждый день — 17, 20, 23, 26, 27 мая. В первые шесть дней июня Зверь атакует четырех человек!

Семнадцатого мая убила двенадцатилетняя Мари Данти. Жан Шастель — друг этой семьи и очень любил девочку. Он решает отомстить Бестии. Прежде не слишком религиозный, он регулярно посещает церковь и выражает надежду, что с Божьей помощью истребит чудовище.

А люди устали и отчаялись. Что же это за чудовище, почему оно всеильно и непобедимо? Должно быть, это демон, посланный в наказание за людские грехи? Жеводанские крестьяне усердно молятся Господу и Пречистой Деве. В воскресенье 7 июня проходит большая служба в церкви Нотр-Дам-де-Эстур между Согом и Прадом. Это не помогает — Бестия убивает еще двоих детей 11 и 12 июня. В воскресенье 14 июня огромная толпа собралась у Нотр-Дам-де-Белье неподалеку от Польяка. Там были и Жан Шастель, и оба его сына. Жан принес с собой двустволку и три серебряные пули крупного калибра, отлитые из медальона с изображением Богоматери. Он просит аббата освятить эти пули и благословить его на схватку с чудовищем.

А Бестия 18 июня убивает ребенка в лесу у горы Муше. Ночью возмущенные местные жители приходят к маркизу д'Апше. Маркиз собирает охотников и собак и начинает выслеживать Зверя, но безуспешно.

О дальнейшем предание рассказывает так. В десять часов утра 19 июня 1767 года Жан Шастель в лесу Теназейр у горы Монмуше читает Библию и обращается в молитвах к Пресвятой Богоматери. Из чащи прямо на Шастеля выходит Зверь. Шастель не прекращает молитвы, и животное не нападает, а смиренно стоит и ждет. Закончив молиться, Жан Шастель стреляет. Бестия ранена. Он стреляет второй раз и произносит фразу, ставшую легендарной: «Больше ты никого не сожрешь, Зверь!»

Сразу же после этого появляется маркиз д'Апше с собаками и охотниками, он видит Шастеля и убитое чудовище у его ног. Волк ли это? Да, волк, но очень крупный — 53 килограмма, 77 сантиметров в холке, клыки длиной 37 миллиметров. Хирург Антуан Буланже произвел вскрытие убитого серебряными пулями чудовища. В желудке его обнаружена часть бедра ребенка. Животное опознают как Бестию 18 свидетелей предыдущих атак.



Маркиз собирается посетить короля вместе с Шастелем. Целую неделю в замок маркиза стекаются паломники — все хотят посмотреть на труп Бести.

15 июля Шастель везет останки Зверя в Париж. Труп недостаточно хорошо мумифицирован и начинает разлагаться. В Париже встречаются его холодно, ведь всем известно, что Бестию убил де Боттерн. Знаменитый натуралист Жорж-Луи Леклерк де Бюффон осматривает труп и подтверждает, что это волк. Дальше этого дело не идет.

Шастель так и не получил награды от короля. Но в благодарность за спасение от чудовища прихожане епископства Манда собрали для него 72 ливра. Неплохие деньги по меркам глухой гористой провинции!

## Кто это был?

Первое серьезное исследование о Бести увидело свет еще в 1889 году. Автором книги был аббат Пьер Пурше (1832—1915), выходец из крестьянской семьи. Став священником в 33 года, Пурше много работал с архивами и разобрал часть материалов, связанных со Зверем. Продолжила тему книга аббата Франсуа Фабра (1854—1932), который также нашел и опубликовал интересные документы.

О Жеводанском Звере написано множество книг, однако до сих пор нет единого мнения по поводу того, что это был за зверь. Он погубил более ста человек — в книге Мишеля Луи «Жеводанский Зверь: невинность волков» говорится о 210 атаках, в результате которых погибло 113 и ранено еще 49 человек; 98 человек были частично съедены. Обычно Бестия убивала людей, разрывая горло зубами. Что же это было за страшное животное? Не будем рассматривать версии мистические и попытаемся систематизировать реалистические предположения.

Официальная версия гласит, что Бестия — волк огромных размеров. Однако животное предпочитало нападать на людей, даже когда скот пасся неподалеку. Известен случай нападения Зверя на всадника, причем он старался убить человека, игнорируя лошадь. Для волка такое поведение, мягко говоря, нетипично. Мишель Луи предполагал, что это мог быть гибрид волка и собаки. Возможно, этим объясняется огромный размер и необычный окрас животного.

Ряд исследователей считает, что Зверь вообще не принадлежал к семейству псовых. Они отмечают, что сын Жана Шастеля, Антуан, бывал в Африке и умел дрессировать животных. Версии об экзотическом животном рассматривает Эрве Бояк в книге «Жеводанский Зверь: в конце концов волк оправдан». Чаще всего в качестве кандидата на эту роль называют гиену. Тут много совпадений: бурый или

красноватый окрас, удлиненная морда с сильными челюстями, темные пятна и темная полоса вдоль спины. Гиены могут быстро перемещаться на большие расстояния, не боясь нападать на человека. Их челюсти сильнее, чем у волков, легко дробят кости. Однако гиены гораздо меньше Зверя. Кроме того, им трудно было бы выжить в холодном климате.

Есть многочисленные свидетельства, что Бестия по-кошачьи вонзала когти в жертву, вставая на задние лапы. Крупные кошки способны убить животное в несколько раз больше себя — леопард весом 80 кг, например, убивает травоядное копытное весом 200 кг. Людей убивают в основном львы и тигры, но леопард, ягуар и пума тоже атакуют людей. Наконец, леопард, ягуар и тигр достаточно велики, с некоторой натяжкой подходят по окрасу и имеют огромные клыки. Вот только в Африке, где бывал Антуан Шастель, ни тигры, ни ягуары не водятся...

А вдруг это был представитель вида, вымершего к настоящему времени, но существовавшего двести лет назад? Например, мадагаскарский тигр — крупный, размером с пуму, хищник — исчез в конце XVIII века. Это было сильное и свирепое животное. Кроме того, в те времена был жив еще тилацин (сумчатый волк, тасманийский тигр), этот вид исчез лишь в середине XX века. Тилацины были рыжего цвета, полосатые, с вытянутыми мордами, до 1,8 метров в длину и 55 см в холке. Пасть у них открывалась на 120 градусов!

Или, возможно, это было животное, не описанное учеными? Область знания, занимающаяся такими животными, называется криптозоологией, а ее объекты — криптидами. Наиболее известные примеры — лох-несское чудовище, снежный человек. В научной среде криптозоологов не принимают всерьез, хотя случалось, что животные — персонажи фольклора оказывались реально существующими видами, скажем родственник жирафа окапи и комодский варан. О том, насколько вероятно появление экзотического, редкого или неизвестного науке зверя в Западной Европе, пусть и в глухом ее уголке, можно спорить, но криптозоологи не спешат сдавать позиции.

Наконец, еще одна группа гипотез учитывает человеческий фактор. Сумасшедший садист-убийца — такое предположение еще в 1910 году выдвинул доктор Пеш, профессор медицины из Университета Монпелье. Он проанализировал раны и увечья, нанесенные Зверем, и предположил, что это был не зверь, а человек — садист, которому доставляло удовольствие мучить своих жертв. Так, у 14 жертв Бести была оторвана голова. С другой стороны, гигантский агрессивный хищник, несомненно, был, и это подводит нас к следующей группе предположений.



Благодаря писателям Абелью Шевалье и Анри Пурра в последнее время стала популярна гипотеза о том, что Зверя натаскивал на убийства некий человек или группа людей, стремившихся устроить террор в этой части Франции. На роли главных злодеев предлагают Сент-Альбана и Антуана Шастеля. Согласно этой версии, Жан Шастель, отец Антуана, покрывал его злодеяния, но лишь до тех пор, пока тварь не убила дочь его друзей. Тогда понятно, почему Зверь не напал на него, — Жан был ему знаком и не вызывал агрессии. Кстати, Жана Шастеля часто видели с огромным рыжим мастифом...

Но почему Бестию не брали пули? Мишель Луи объясняет это без всякой мистики — возможно, Шастель и другие злоумышленники надевали на животное крепкую кабанью шкуру. Ее не пробивали пули, выпущенные из оружия тех времен.

Теория о заговоре местной аристократии, желающей посеять страх среди крестьян и пресечь таким образом распространение вольнодумства, легла в основу замечательного фильма «Братство волка» и не в последнюю очередь благодаря ему приобрела популярность.

Пожалуй, суть этой старой истории не в том, был ли Зверь волком или гиеной-мутантом, а в том, что «вся королевская рать» европейской страны три года не могла его победить. Обычная плата при столкновении с неведомым злом. Как не вспомнить, что и полевая биология, отслеживающая миграции животных, и лесное хозяйство в России переживают не лучшие времена, и в российской глубинке воцаряется запустение — пусть не такое, как в Жеводане... Серьезных проблем с волками-людоедами в нашей стране не было с послевоенных лет, и хотелось бы надеяться, что уже не будет. Но кто может знать, откуда выскочит Зверь?

### Литература

**Herve Boyak.** La Bête du Gévaudan le loup enfin acquitté. Azoé. Aix-en-Provence. France. 2007.

**Michel Louis.** La Bête Du Gévaudan — L'innocence des loups. Perrin. France. 1992.

**Jean-Paul Ronecker.** Sites mystérieux et légendes de nos régions françaises. Trajectoire, 2006.

**Jean-Marc Moriceau.** La Bête du Gévaudan. Larousse. 2008.

# Батик, прекрасное дитя воска и краски

М.Демина

**Н**а Востоке рассказывают старинную легенду о юноше, подарившем миру батик — искусство декорирования тканей.

По бескрайней равнине, где ночью злые духи зажигали многочисленные факелы-звезды, а днем жестокие порывы ветра поднимали песок, который как ливневый дождь накрывал все вокруг, шел человек с тюком ткани на плечах. И не было в его сердце страха, но только решимость и отвага. И становился полуденный зной тяжким испытанием не только для него — деревья, не выдерживая ужасающей жары, начинали плакать смоляными слезами. И юноша, присевший отдохнуть в спасительной прохладной тени такого дерева, вдруг увидел, как драгоценная ткань покрывается каплями смолы, щедро льющейся с листьев. И пошел он дальше с тяжелым сердцем — не избежать ему страшного наказания за погубленную ткань. И решил он никому не говорить о том, что случилось, благо высохшие на солнце пятна стали совсем незаметными. И окунули мастера-красильщики ткань в чан с густо разведенным синим индиго. И не было предела их изумлению, когда вместо ровно окрашенного полотна они увидели завораживающую взгляд картину ночного неба, на котором рассыпавшиеся звезды водили свой бесконечный хоровод. И призвали к ответу юношу, и, ничего не утаивая, поведал он о том, как появились звезды на ткани. И собрался совет старейших и мудрейших, и рассудили они: «Да будет отныне любой узор подвластен фантазии мастера, ибо нет ничего невозможного для рук человеческих».

Так началась история батика — ремесла и искусства художественной росписи тканей с помощью восковых или смоляных смесей. Такие смеси называют резервами — ими покрывают участки, которые должны остаться незакрашенными. Состав быстро впитывается в ткань и, как говорят художники,



резервирует, то есть защищает ее от проникновения краски. После окрашивания его удаляют, а на ткани остается светлый рисунок на цветном фоне.

## На Восток!

Происхождение слова «батик» точно не известно. Возможно, его родина — индонезийский остров Ява, где с древних времен так называется и процесс украшения ткани, и сама ткань с готовым рисунком. «Батик» дословно переводится как «рисование горячей каплей воска». Впервые в письменных текстах батик, как покрытая узорами ткань, упоминается в голландских источниках, датированных XVII веком. В то время голландцы, португальцы и чуть позже англичане начали привозить из Индии и Индонезии удивительные изделия. Настенные панно, напоминающие храмовые фрески, — едва различимые полоски воска на них выглядели, как трещинки на штукатурке. Роскошные шелковые ширмы с изображениями бытовых сцен, пейзажей, мифологических сюжетов и тщательно выписанными цветной тушью загадочными иероглифами. Строгие кимоно и яркие цветастые саронги — так называется национальная одежда индонезийцев, похожая на широкую юбку, которую носят и мужчины, и женщины, — расписанные растительным орнаментом с райскими птицами и бабочками, парящими над

диквинными цветами. И конечно же нежный легкий цветной шелк, ценившийся на вес золота и доставлявшийся в Индию и Центральную Азию по Великому шелковому пути из Китая.

По-видимому, искусство батика насчитывает не одно тысячелетие, и никто точно не знает, какой народ первым придумал использовать воск для защиты тканей от краски. Плиний Старший, живший в I веке н. э., упоминал о необычном способе крашения тканей в Египте. Белое полотнище расчерчивают и пропитывают бесцветными веществами. Внешне никак не изменившуюся ткань опускают в котел с горячей краской, а когда вынимают, на ней чудесным образом появляется цветной рисунок. То, что удивило Плиния Старшего, очень похоже на технологию батика.

## И шелк распишу я тончайшим узором

Сложным и долгим был процесс создания батика в древности. Нередко он занимал многие месяцы, а то и годы. Тончайшую хлопковую ткань мастера вымачивали, отбеливали, кипятили, покрывали воском — резервом, красили, полоскали, сушили и так более десятка раз, отдельно для каждого цвета. На каждом этапе отработавший воск убирали кипячением. Восковые точки, отдельные линии, штрихи наносили с помощью специального медного инструмента — чантинга (иногда его называют тьянтинг или джантинг), похожего на чайник с бамбуковой ручкой и узким загнутым носиком — их могло быть и два, и три, разного диаметра. Из носиков расплавленный воск вытекал тоненькой струйкой или крупными каплями. Работа с ним требовала опыта и сноровки, терпения и крепкой руки — жирные кляксы пачкали и нарушали рисунок. Готовую высушенную ткань тщательно утюжили.

Рисунки древних поражают разнообразием и изысканностью: от простого геометрического узора до сложнейших композиций и сцен из старинных преданий и эпосов, изображений богов и



даже портретов важных особ. У каждого мастера были собственные оригинальные орнаменты и свои рецепты красок, которые держались в строжайшей тайне. Цветовая гамма создавалась наложением одного цвета на другой, начиная со светлых тонов и заканчивая темными. Краски использовались природного происхождения: синий индиго, добываемый из растения индигоферы красильной, семейства бобовых, тепло-коричневая краска из коры дерева сога, темно-красная — из листьев моринды, индийской шелковицы. Использовали и порошок из обрезков слоновой кости. Смешением только этих красок получали множество оттенков синего, коричневого, красного, а также **зеленые** и фиолетовые тона. Резервом служили не только воск или смолы, но и, например, густые пасты из рисовой муки. Их наносили на ткань бамбуковой палочкой. Есть упоминания о резерве из речного ила, который не удаляли, а окрашивали отдельно красителем из древесной коры.

В технике батика исполнялись занавески, портьеры, балдахины, пологи, настенные украшения, одежда и дорожки ткани для обрядов и религиозных

церемоний. В Китае при окрашивании шелка иногда использовался прием «обратного» батика. Ткань красили целиком, затем горячим воском наносили узор, и помещали ее в щелочной раствор. Краска смывалась, и лишь места, зарезервированные воском, оставались окрашенными. Операцию повторяли два-три раза и получали цветные рисунки. Вероятно, здесь же, в Китае, появилась так называемая свободная, без резервирующих составов, техника росписи тканей растительными и минеральными красками, а также цветной тушью.

Батики, впервые привезенные с Востока, покорили своей красотой, яркостью и изяществом исполнения. Качество окраски импортируемых тканей было неизмеримо выше европейского — стойкие растительные красители не линяли при стирке, как анилиновые, использовавшиеся в Европе при производстве набивных ситцев. Растущий спрос на батики заметно подтолкнул европейское текстильное производство. В 30-е годы XIX века в Голландии и Германии одна за другой открываются фабрики по производству батика. Для удешевления изделий и ускорения процесса — ведь просвещенному Западу, живущему в свете мирской, ждатель было некогда — резерв начали наносить с помощью медных печатных штампов с незатейливым узором. Позже был придуман прибор, поддерживающий воск в горячем состоянии. Фабричные батики лишь имитировали ручную работу и были похожи друг на друга, как близнецы. Впрочем, к чести европейцев стоит отметить, что практически на каждой фабрике оставались и на-



## ДРУГИЕ ВЕЩИ

стоящие художники, разрисовывавшие ткани вручную в классической технике горячего батика и выпускавшие высококачественные уникальные изделия.

Новый расцвет искусство батика получило в начале XX века, гармонично вписавшись в стиль арт-нуво. В наше время батик как способ ручной росписи тканей стал популярным хобби. Новые материалы, удобные инструменты, синтетические красители заметно упростили технологию и сделали ее доступной практически каждому. Совсем необязательно иметь художественное образование или способности к рисованию. Единственное, что нужно, — это желание и чуть-чуть вдохновения. Ручной батик дарит огромное удовольствие от ощущения себя творцом, первопроходцем. Он привлекает своей непредсказуемостью и неповторимостью. Попробуйте! Освоив работу с воском и красками, вы научитесь расписывать палантины, шарфы и платья, сумочки и пояса, абажуры и шторы, скатерти, подушки и покрывала, рамки, открытки и панно. А как хороши и дороги вещи, сделанные своими собственными руками!

## Пожалуйста, погорячее

Батик родился «горячим». Именно с техники горячего батика, трудоемкой и сложной, предполагающей использование резерва в расплавленном состоянии, и началась его история. Исполняется он на шелке или хлопке. Резервом служит смесь парафина, стеарина и воска — искусственного или, что лучше, пчелиного. В некоторые прописи включается вазелин. Опытные мастера сами подбирают оптимальное соотношение компонентов, варьируя пластичность, вязкость, текучесть смеси. Она должна подходить к фактуре расписываемой ткани и, значит, соответствовать ширине трубочки-носика рабочего инструмента. Чем уже носик, тем тоньше будет контурная линия. На первых порах лучше пользоваться готовыми резервами или проверенными рецептами. Все составляющие засыпаем в металлическую кастрюльку и плавим на плите на водяной бане. Ни

одна капелька воды не должна попасть в кипящий воск, чтобы не случился неожиданный фейерверк. Форточку лучше держать открытой — горе-мастеру, надышавшемуся парафиновыми парами, придется брать незапланированный тайм-аут. Резерв готов, когда он становится совсем прозрачным. Молочно-мутный его цвет означает, что он недостаточно нагрет и не сможет полностью пропитать тканевые волокна.

Чтобы легко работалось с тканью, ее надо намочить, туго натянуть на деревянную рамку и часто-часто, через каждые пять сантиметров, закрепить булавками, размещая их строго одну напротив другой. Таким образом должно получиться подобие хорошего барабана. Рамку можно смастерить самостоятельно, соединив шурупами четыре деревянные тщательно отполированные планки. Если размеры ткани невелики, вполне подойдут и пальцы для вышивания.

Когда ткань высохнет, начинаем переносить на нее выбранный рисунок тонким отстирывающимся карандашом. Если работа небольшая, можно использовать фантомный маркер, линии которого исчезнут сами через короткое время. Чем выше влажность в помещении, тем быстрее они испарятся. Поэтому на большой площади удобнее переводить рисунок по частям. Будет обидно, если он исчезнет раньше, чем мы закончим роспись. Самые светлые участки и те, которые должны остаться незакрашенными, покрываем кистью слоем расплавленного воска. Тонкими линиями обводим намеченные контуры. Работать с воском надо быстро и аккуратно, не допуская горячих луж на ткани.

Затем приступаем к росписи — наносим пятна разных цветов на места, где предполагаются светлые тона. На подсохшую ткань опять наносим воск и снова раскрашиваем, идя от светлых тонов к темным. Такая процедура называется перекрытием. Для получения сложных многоцветных композиций каждое красочное пятно перекрывают по три-четыре раза. Цвет нужно подбирать тщательно и заранее, чтобы не получить грязные, мутные оттенки. Резерв хорошо ложится только на сухую ткань, подсушивать ее можно феном, не очень горячей струей воздуха, чтобы не расплавился воск. Если нужен темный фон, на последней стадии все незарезервированные участки перекрываем темной краской.

Наконец, вся поверхность ткани покрыта воском, и из-под него тускло просвечивает задуманный рисунок. Даем ткани «отдохнуть» около суток, чтобы краска лучше впиталась.

Затем наступает время снятия воска. По возможности, его надо механически

соскрести, а остатки убрать горячим утюгом. Для этого кладем ткань между несколькими слоями писчей или крафт-бумаги — особо прочной оберточной бумаги желто-коричневого цвета — и утюжим до тех пор, пока бумага не станет чистой. Менять ее придется не один раз. Только теперь рисунок засияет всеми своими красками. Но любоваться им пока рано. Батик надо запарить или обработать утюгом для закрепления красок, чтобы они не смылись и не поблекли при многократных стирках и чистках.

## Узор холодный на кончике пера

Технология «холодного» батика — с резервом, не требующим нагрева, — была придумана в нашей стране в 30-е годы прошлого века. Она проще и безопаснее в исполнении и особенно хороша при работе дома, в тишине своей кухни. Холодный батик требует особой вдумчивости и кропотливости, внимания к мелким деталям. Рисунки холодной технологии батика не так живописны, зато они более графичны.

Резерв представляет собой густую, прозрачную или слегка желтоватую массу, по консистенции похожую на жидкий мед, состоящую из парафина, резинового клея и химически чистого бензина (такой бензин пахнет очень слабо). Иногда в состав вводится канифоль. Резерв можно купить уже готовым в удобном для работы тюбике. Исполняется холодный батик на шелке, но для начала можно попробовать и на тонком хлопке. Карандашные линии на ткани аккуратно обводим резервом прямо из носика тюбика или с помощью

стеклянной трубочки с резервуаром. Держать ее надо перпендикулярно ткани. Резервирующие линии обязательно должны быть замкнутыми. Для проверки сбрызнем ткань водой — в местах разрывов вода перетечет за линию. Их подправляем резервом, предварительно высушив ткань. Готовое полотно станет похожим на витражное стекло.

Когда резерв окончательно высохнет, начинаем роспись — в каждую получившуюся ячейку заливаем краску в один слой. Можно накладывать тона друг на друга в пределах отдельной ячейки, следя за тем, чтобы краска успевала подсыхать. Для детализации рисунка и усложнения композиции можно наносить новые резервные линии на уже окрашенные участки. Снимается холодный резерв стиркой готового изделия в теплой воде. На плотные ткани резерв надо наносить с двух сторон для лучшей пропитки волокон.

Если вы имеете некоторый опыт и достаточно уверены в своих силах, попробуйте оставить разрывы в контуре рисунка. В этих местах краска плавно перетечет из цвета в цвет, причудливо смешаются линии, что может придать дополнительную прелесть и воздушность рисунку. Ничего страшного, если сначала получатся неопрятные затеки и кляксы. Кто не прошел через такие «аварии», тот мало чему научился.

Холодные резервы выпускаются и цветными. В их основной состав добавляют обезжиренную художественную масляную краску. Если используется прозрачный бесцветный резерв, на шелке останутся заметные светлые линии, и рисунок будет выглядеть особенно графичным. Это само по себе мо-



жет быть интересным приемом. Чтобы его обыграть и усилить, берите резерв черного цвета. Если линии контура надо сделать менее заметными, в бесцветный резерв добавьте чуть-чуть темного. На ткани, изначально окрашенной, бесцветный резерв даст практически незаметные линии, он «спрячется» в цвет ткани.

Современные цветные акриловые контуры для холодного батика резервами не являются, поскольку не могут полностью пропитать ткань, но ими можно замаскировать карандашную линию, исправить дефект контура, добавить блеска, подчеркнуть графичность, уточнить рисунок. Их можно использовать как последний штрих в декорировании готового изделия. Закрепляются они горячим утюгом. Надо иметь в виду, что акриловые контуры немного выступают над поверхностью ткани, сообщая ей рельефность и жесткость. Поэтому она становится малопластичной, тяжелой.

## Узелки на память

Хотя узелковую технику традиционно относят к батике, на самом деле она таковой не является. «Узелки», «драпри», «бандан», «планги», «сибори» — не что иное, как способы крашения тканей с помощью их складывания в определенной последовательности, сжатия, драпировки, прошивания, заматывания, завязывания узелками. В средневековой Индии красили ткани, свивая их в жгуты или завязывая узлы. Опущенная в красильный чан, такая ткань полностью не прокрашивалась, в результате чего на ней возникали фантазийные абстрактные узоры.

Завяжем на ткани много-много узелков крепкими швейными нитками примерно на равном расстоянии друг от друга. Внутри узелков можно положить маленькие пуговички или камушки. Эти места не прокрасятся и сохраняют первоначальный цвет ткани. Полученную заготовку, похожую на фантастическое многолапое насекомое, хорошо смочим водой и нанесем на узелки кистью краску. Можно использовать разные тона в несколько слоев, давая каждому подсохнуть. Цвета должны быть подобраны и опробованы заранее. Когда ткань окончательно высохнет, а на это уйдет несколько суток, аккуратно разрежем ножницами все нитки, держащие узелки, и расправим ткань. Если не нужен эффект «сжатости», ткань надо прогладить горячим утюгом. Узор, равномерно повторяющийся по всему полотну, складывается из замысловатых линий, кругов, вертикальных и горизонтальных полос и напоминает картинку детского калейдоскопа. Это особенно хорошо

заметно, если красить сухую ткань — тона резко переходят друг в друга, создавая эффект графичности. Можно окрашивать ткань в несколько приемов, завязывая новые узелки. При крашении влажной ткани границы переходов незаметны, краска мягко и плавно перетекает из тона в тон.

В технике «драпри» влажную ткань драпируют на плотном листе картона красивыми глубокими складками и покрывают выступающие верха в несколько слоев краской, давая излишкам свободно стекать на картон. На готовой ткани получаются разбросанные пятна, — чем плотнее была драпировка, тем они будут больше, — с расплывчатыми, перетекающими друг в друга краями и переходами тонов от светлого к темному. Узоры узелковой техники повторить в точности почти невозможно, и в этом их загадочная прелесть.

## Свободная несвободная роспись

Свободная роспись ткани доступна опытным, уже сложившимся художникам. В этой технике создаются настоящие шедевры батика, несколько не уступающие традиционной живописи маслом. Она дает необыкновенно красивые переливы тонов и игру красок, цветовые сочетания мазков, эффектные размывания пятен и линий.

Свободная роспись свободна лишь относительно. Ведь шелк — это не бумага, не дерево и даже не холст. Необходимо иметь опыт работы в разных техниках живописи, рисунка, графики, владеть в совершенстве кистью прежде, чем позволить краске свободно гулять по ткани. Иначе неизбежны грязные затекания, размывки и другие сюрпризы.

Ткань для свободной росписи надо предварительно готовить с учетом ее фактуры, состава, толщины и плотности переплетения волокон. На плотных материалах рисунки получаются ярче. Для свободной росписи нет лучше тканей, чем натуральные шелковые: непрозрачный с мягким блеском туаль, тонкий воздушный фуляр, легкий, почти прозрачный эксцельсиор, плотный мягкий атлас, фактурный жаккард, а также шелка крепового переплетения: шифон, креп-жоржет и крепдешин. Хороши натуральные хлопчатобумажные ткани — хлопок, лен, ситец, поплин, батист, крепсагин, кисея, вуаль. Из искусственных — только вискоза. Синтетика жестче, ее волокна обладают плохой впитывающей способностью. Расписывать ее можно только акриловыми красками. И даже их не всегда удастся закрепить — они смываются при первой же стирке.



## ДРУГИЕ ВЕЩИ

Любую ткань сначала надо выстирать, чтобы смыть аппретирующий (водоотталкивающий) состав, которым обрабатывают фабричные материалы. Для уменьшения растекания красок ткани грунтуют, то есть широкой кистью равномерно покрывают загустителем, например готовым акварельным грунтом или крахмалом. С этой целью часто используется поваренная соль. Ткань перед росписью полощут в крепком солевом растворе. Грунтовкой может стать уже нанесенный высохший слой краски — следующие слои растекаться на нем почти не будут. Загустители, в том числе и соль, можно непосредственно вводить в краски. Соль не только препятствует их растеканию, но и усиливает яркость цвета. На грунтованной солью ткани можно писать тушью в стиле старинной китайской живописи.

Рисунок наносится на ткань свободными мазками, как в технике акварели по влажной бумаге. Цвета чуть растекаются, перемешиваются друг с другом. Плавные переходы тонов создают иллюзию воздушной легкости и невесомости. Детализация рисунка «сухой кистью» с минимальным количеством краски осуществляется уже по высохшим слоям, как по грунту. Влажная кисть может дать нежелательные подтеки в виде ореолов. Иногда на некоторых участках роспись сочетается с контурной обводкой резервом. Заключительная отделка и перекрытия фона исполняются также при помощи холодных резервирующих составов. Резерв удаляют с ткани стиркой в мягком моющем средстве.

## Краска, я тебя знаю

Для росписи тканей используются современные синтетические краски, по прочности не уступающие натуральным, — анилиновые и акриловые. Цветовая палитра, имеющаяся в продаже в художественных салонах, огромна и может удовлетворить самый взыскательный вкус. Краски хорошо смешиваются, создавая новые оттенки. Отличаются они друг от друга способом закрепления на ткани. Акриловые достаточно прогладить горячим утюгом. Анилиновые, которые правильнее называть не красками, а



## ДРУГИЕ ВЕЩИ

красителями, надо фиксировать горячим паром — запаривать.

Процедура эта не так проста, как кажется на первый взгляд. Лучше всего, если есть возможность воспользоваться медицинским автоклавом для белья. Если нет, устраиваем «баню» в баке или ведре с кипящей водой. Ткань надо свернуть в рыхлый сверток — если он будет тугим, могут остаться «вечные» складки — и подвесит так, чтобы он, не касаясь ни воды, ни стенок емкости, полностью обволакивался паром. Анилиновые красители относятся к классу активных красителей, их иногда называют профессиональными. Они хорошо пропитывают ткань, не изменяя ее фактуры, и она остается мягкой и пластичной. При высыхании цвет анилиновых красок слегка блекнет, но после запаривания становится даже ярче и чище, чем в сыром виде.

Акриловые краски, появившиеся в первой половине XX века, представляют собой полимер акриловой кислоты с пигментами. Они не проникают внутрь волокон ткани, а обволакивают их. Поэтому ткань уплотняется, становится скользкой, жесткой, менее пластичной. Как шутят художники, акрил «армирует» ткань. Акриловые краски разводятся водой, но после высыхания в воде не растворяются. Размыть их нельзя, и поэтому они становятся хорошим грунтом для ткани в технике свободной росписи. Новые слои краски другого цвета не растекаются, и создается эффект оптического наложения.

Степень растекаемости красок в любой технике батика надо держать под контролем и по возможности регулировать. Краски, обладающие большой текучестью, могут подтечь под резервирующий контур. Впрочем, даже такие ляпы опытные художники обращают в достоинство — небольшая размытость рисунка может придать ему дополнительный шарм. Излишнюю растекаемость красок уменьшают загустителями, например крахмалом, желатином, поваренной солью, альгинатом натрия (пищевая добавка E401). Когда не так важен оттенок цвета, краску можно загустить плотной белой основой. Бывает, что краска плохо или совсем не растекается по ткани, тогда ее надо разбавить водой, если вы работаете с акрилом, или спиртом, в случае анилиновых красителей.



## Как выразить себя

Работать с цветом в технике батика необычайно интересно. Новые оттенки создаются наложением тонов прямо на ткань, а цвета, которые надо сохранить, покрываются резервом. Прежде чем выбрать цвет, а ведь он определяет конечный результат, надо представить себе изображаемый предмет: его относительные размеры, каков он на ощупь, как отражает свет. Средствами батика можно передать текстуру, ощущение объема, иллюзию движения, восхитительную игру света и теней, тепло солнечных лучей, льющихся сквозь стекло. Отражения, всплески и рябь на водной глади выглядят на ткани естественнее и живее, чем на бумаге. Все «водяные» эффекты создаются короткими разбрызгиваниями воска поверх краски. Набрызги водой имитируют дождевые капельки. Сбрызгивать чуть влажную акриловую роспись водой с высоты не менее метра. Капли так натурально выглядят на готовом высушенном изделии, что хочется их промокнуть. Набрызги делают и краской, набирая ее на кисть и слегка стряхивая на влажную ткань. Они могут удачно замаскировать досадный огрех — пятнышко или единичное затекание краски под контур.

Необычные узоры можно получить, посыпав еще не высохшую работу морской солью, крупной или мелкой. Соль всасывает влагу из краски, и вокруг крупинки образуется красивый ореол с причудливыми очертаниями. Когда ткань высохнет, кристаллики соли сметаем щеткой и только потом убираем воск. Крупная соль на темном фоне дает великолепную картину падающих звезд на ночном августовском небе.

Эффектные приемы «сграффито», что значит «гравирование», и «кракле» — «растрескивание», получаются царапанием воска. Попробуем кончиком разломанной скрепки нацарапать что-нибудь на застывшем воске, например слово или абстрактный узор. Потом капнем краской. Она по царапкам проникнет внутрь ткани, и в итоге получится

почти настоящая гравировка. «Кракле» по-другому называется мраморизацией. Покрытый воском батик убираем на час в холодильник, а затем осторожно мнем его руками, чтобы на воске образовались трещинки и заломы в разных направлениях. В них вотрем краску цвета общего фона или еще темнее. Каждая трещинка будет выглядеть как естественная прожилка на полированной поверхности мрамора. Получается очень красиво, например, при росписи лепестка цветка или крыла бабочки. Приемами растрескивания воска можно имитировать старинный пергамент. Заметим, что случайные трещины воска с попавшей в них краской считаются дефектом батика.

Общее правило батика — накладывать восковой резерв только на сухую ткань. Если ткань влажная, краски обязательно подтекут под него. Но иногда так делают специально, чтобы получить мягкую размытость деталей, которая особенно хорошо смотрится на краях рисунка.

С помощью штампов получают рапортный (повторяющийся) узор. Штampы можно сделать или подобрать что-нибудь подходящее среди домашних мелочей, например формочки для выпечки, гайки, болты. Важно, чтобы они были небольшими, иначе отпечаток не получится ровным. Штamp на несколько секунд окунаем в горячий воск, стряхиваем излишки и прикладываем к ткани в намеченных местах столько раз, сколько нужно. Затем ткань или красим целиком в растворе красителя, или разрисовываем кистью.

На густую краску и акриловый контур можно клеить бисер, декоративные блестки и пайетки. Завершающим штрихом работы может стать обведение фрагмента росписи контуром с золотым или серебряным пигментами. Получившиеся золотые и серебряные линии эффектно оттенят соответственно теплую или холодную гамму тонов рисунка.

Во всех техниках батика не так уж много жестких правил и непреложных истин. Простор для творчества огромен. Всегда можно придумать что-то новое, отражающее собственное видение и ощущение прекрасного. Каждая работа по-своему уникальна и неповторима. Батик — волшебный мир, яркий и радостный, праздник, который может стать и вашим.

*Фотографии любезно предоставлены мастером-художником по батiku Ириной Перелешиной (<http://pereleshina.ru/>)*

# СОРБОМЕТР™

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокompозитов, 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 однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



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

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

### Области применения

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

# Пряники

**Что такое пряник?** Словарь Ожегова определяет пряник как сладкое печенье в виде лепешки или плоской фигурки. Определение, конечно, далеко не исчерпывающее. В состав пряничного теста непременно входят пряности, отсюда и название. В старину тесто подслащивали медом, потому что сахар был очень дорог, но оно было скорее пряным и даже острым, чем сладким.

«Медовый хлеб» пекли многие народы, но в каждой стране он особенный. В нашем северном краю пряничное тесто замешивали из ржаной муки, которая в сочетании с медом и пряностями и определяла вкус пряника. А пряности были разные: сначала местные лесные травы и корни, в том числе мята, а после XII века — привезенные из Индии и с Ближнего Востока. В XIX веке в России развилось свеклосахарное производство, а мед вздорожал, появились сусленники — пряники на патоке и сусле, а потом и сахар стали добавлять. В советское время в рецептуру вошли разрыхлители, химические красители и даже ароматизаторы, идентичные натуральным. Но исконный русский пряник — ржаной, медовый, пряный, иногда начиненный повидлом, орехами или цукатами. Помните об этом, когда будете выбирать рецепт.

**Рецепт пряничного теста.** Универсального рецепта не существует. Прежде всего, в каждой области, точнее, в каждом княжестве, потому что пряники на Руси известны с IX века, была своя рецептура. А знаменитые пряничники состав теста держали в тайне. Отвешивая ингредиенты, они использовали не гири, а камни, чтобы даже работники не знали, что и в каком количестве добавляют в тесто. Эта секретность сохранялась до революции, потому что многие знаменитые рецепты ныне утрачены.

Основу пряника, как мы уже говорили, составляет смесь ржаной муки и меда. Впоследствии в тесто стали добавлять крупчатку — пшеничную муку с высоким содержанием клейковины. Мед выполняет функцию слабого разрыхлителя. Очень важно не ошибиться с его количеством: при недостатке меда пряник получится жестким, при избытке — расплывется при выпечке. Иногда в пряники добавляли немного сметаны, которая в сочетании с медом дает легкое брожение. Других разрыхлителей в настоящем пряничном тесте быть не должно.

Сахар в пряниках нежелателен. Яйца, молоко или сметану и масло (только натуральное сливочное) кладут в минимальных количествах и далеко не всегда. Пряник — традиционное постное лакомство.

Пряности возможны разные и в разных сочетаниях: гвоздика, корица, имбирь, анис, кориандр, кардамон, мускатный орех, немного черного перца, красный перец, цедра, все истолченное в порошок. В Твери пекли пряники, зеленые от мяты.

**Заварные и сырцовые.** Настоящие пряники делают из заварного теста, замешанного на горячем меду или паточном сиропе. Тесто некоторое время держат горячим, а затем охлаждают. Вариант попроще — сырцовые пряники: все компоненты для них замешивают при температуре 20—22°C. Но пряники из сырцового теста не такие вкусные, как заварные, и быстрее черствеют. Вообще, вопрос сохранности продукта в Средние века был актуален. Пряники были не только лакомством, но и походной едой, витаминной и питательной от меда, ржаной муки, ореховых и ягодных добавок, и всегда готовой к употреблению. Медовое тесто долго не черствеет, а пряники еще обычно покрывали глазурью из меда и яичного белка. Так они сохранялись еще дольше.

**Печатный пряник.** Печатные пряники — самые распространенные. Их изготавливали с помощью специальной формы — пряничной доски, сделанной из твердых листовых пород дерева, на которой вырезан обратный рельеф. В пряничную доску, смазанную маслом, закладывали слой теста, вжимали его хорошенько, чтобы рельеф как следует пропечатался, затем пряник освобождали из формы и выпекали. Рисунки на досках бывали самыми разными: фигуры животных, надписи, цветы, геометрические орнаменты, сложные композиции. В каждой местности свои традиции, у каждого мастера — свой стиль.

Чтобы готовое изделие держало форму, тесто должно быть однородным и пластичным. Его тщательно вымешивали. Печатные пряники изготавливали на заказ, любого размера и рисунка, иногда они могли весить больше пуда. Ком теста для пудового пряника руками не вымесить, и несколько человек били его специальными палками, а в пряничную доску всаживали с помощью пресса. Такие пряники назывались битыми.

Самые знаменитые печатные пряники — тульский, вяземский и городецкий. Пудовые битые пряники — это как раз городецкие, хотя они бывали и обычного размера. Тульские пряники готовили с начинкой. Сначала вкладывали в форму пласт теста, потом начинку, закрывали ее вторым пластом, зачищали изделие, чтобы не оставалось ни малейшей щелочки, и все тщательно вжимали в доску. Начинкой служили густой фруктовый джем, повидло, цукаты, марципан. Вяземский пряник был тоже с начинкой, но маленький, в осьмушку тульского, хотя такой же высоты. Напоминал он скорее кубик. На его поверхности оттискивали буквы «ВЯЗ».





**Козули.** Проще всего пряники лепить. Лепной пряничек может быть круглым или овальным, с начинкой или без, а на Севере из пряничного теста лепили, да и сейчас лепят фигурки животных. Эти пряники называются козули, их считают одним из символов Поморья. Тесто для козуль содержит карамелизованную патоку (сейчас, увы, добавляют сахар) и потому очень темное. Вот как описывает козули Степан Писахов в книге «Я весь отдался Северу»: «Самые древние козули — холмогорские и мезенские — из черного теста, иногда расцвеченные белым тестом. Холмогорские козули по виду напоминают оленя. Из теста вылеплена фигура на четырех ногах, голова, куст рогов ветвистых, на рогах яблоки, на яблоках птички, вернее крылышки птичек, сделанные из белого теста (яблоко с крылышками напоминает изображение крылатого солнца)... Размер такой козули бывает 5—6 вершков. Меньшего размера козули делают без яблок на рогах, а только с птичками (птички напоминают кисти рук с растопыренными пальцами). Пекут козули и маленького размера — около вершка, упрощенные по рисунку, или пытаются придать им сходство с коровой, конем (иногда с всадником на коне)». Козули пекут и в других областях России. В Егорьев день, 23 апреля, их давали домашней скотине, чтобы животные летом сами находили дорогу домой и лучше плодились.

**Вырезать или вырубить?** Помимо печатных и лепных, есть еще вырезные пряники. Их вырезают ножом или формами из тонкого пласта темного теста. Вырезными бывают и козули. После выпекания их украшают светлым тестом или разноцветной сахарной глазурью.

В Воронеже пряники, вырезаемые с помощью формы, называли вырубными. Их тоже расписывали цветной глазурью, а раньше еще украшали перьями и пухом домашней птицы. Такие пряники часто использовали для украшения дома или новогодней елки. Каких только фигурок там не было: лошадки, петушки, рыбки, звезды... Сейчас расписные глазурью пряники изготавливают на заказ — любая форма, любая надпись. Сладкий подарок.

Есть еще такое понятие — писанный пряник, то есть украшенный. Писанные пряники украшали орехами, ягодами и цукатами.

**Сестра пряника.** Из пряничного теста пекут не только пряники, но и коврижки. Это большое изделие, которое надо резать на порции. Коврижки могут быть с начинкой или прослойкой. Прослойку, в отличие от начинки, помещают между двумя коржами не до, а после выпечки. Толщина коврижки не менее трех сантиметров, раза в полтора больше, чем пряника.

**Что такое жамки?** Жамки — дешевые пряники «быстрого приготовления». Они тоньше обычных и выпечены из менее плотного теста. Тесто руками скатывали в комок, расплющивали на ладони и выпекали, отсюда и название. Жамки не глазируют, поэтому они белые, матовые и быстро черствеют. Могли добавить в тесто орехи, мак, толокно. Такой «фаст-пряник» — новация конца XIX века.

**Чем полезны пряники?** После чтения рецептуры на упаковке современных пряников об их пользе для здоровья говорить не хочется: мучное и сладкое, а также маргарин, растительное масло, синтетические ароматизаторы, аммоний и сода, которых в настоящих пряниках вообще быть не может. И меда почти нигде нет. К счастью, появляются энтузиасты, которые возрождают традиционное производство.

В России пряники всегда были излюбленным лакомством. Пряничные фабрики выпекали по несколько тысяч пудов в год. Пряники продавали и покупали повсеместно и экспортировали в Европу, хотя там были свои традиционные изделия из медового теста. Пряник — символ благополучия, процветания и богатства. Угощения для ребенка и девушки — пряник, на свадьбу и на девичник невесте и ее подругам от жениха — пряники, после венчания родителям жениха и другой родне — специальные пряники. На именины и по другим торжественным случаям могли подарить почетный пряник, изготовленный по спецзаказу. После большого угощения гостям дарили «разгонные» пряники — знак, что пора расходиться.

Молодежь играла на пряниках: их кидали, и выигрывал тот, у кого пряник разбивался на определенное количество частей или, напротив, дольше всех оставался целым. Для игры использовали специальные небольшие пряники, хотя, конечно, нельзя так обращаться с продуктами.

Пряниками украшали рождественскую елку, по пряникам в форме букв дети учились читать. Пряники дарили друг другу в Прощеное Воскресенье. Иван Шмелев в книге «Лето Господне» вспоминает: «Приносят «масленицу» из бань — в подарок. Такая радость! На большом круглом прянике стоят ледяные горы из золотой бумаги и бумажные вырезные елочки; в елках, стойком на колышках, — вылепленные из теста и выкрашенные сажей, медведики и волки, а над горами и елками — пышные розы на лучинках, синие, желтые, пунцовые... — всех цветов. И над всей этой «масленицей» подрагивают в блеске тонкие золотые паутинки канители... Стоял он неделю в банях, у «сборки», где собирают выручку, сыпали в «горки» денежки — на масленицу на чай, таскали его по городу... Но он необыкновенно вкусный: должно быть, с медом».

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ



# Дух Марса



Сергей Васильев

ФАНТАСТИКА

— Читай!

Я взял лист у Пашки и прочитал:

«От информагентства “Арес-ком”. Сегодня, в три часа дня по среднемеридиональному времени, в поселок Большой Сырт доставлен ровер “Спирит”, обнаруженный на Домашнем плато в кратере Гусева.

Ровер считается утерянным с октября 2012 года, когда его перестали фиксировать на снимках, выполняемых орбитальными марсианскими зондами. “Спирит” находился на поверхности планеты с начала 2004 года, выполняя научную миссию, рассчитанную на 90 геодней. Тем не менее научные задачи выполнялись до 2009 года, пока ровер не потерял пару колес и не увяз в песках. Не имея возможности вызволить аппарат из песчаного плена, НАСА в 2010 году признало “Спирит” стационарной научной станцией. Однако к концу 2011 года попытки восстановить связь с ровером прекратились.

После 2012 года никто не интересовался “Спиритом”, и вот, через семьдесят лет забвения, мы снова сможем воочию увидеть историческую технику, забытую на нашей планете землянами».

— Ну, прочитал, — сказал я, сворачивая листок в трубочку и возвращая его Пашке. — И что?

— Ты чего, не понимаешь? Совсем-совсем? Это ж наша история!

— Чего это наша? Наша с сорокового года начинается. А до этого — земная была.

— А вот и нет! Сам посуди: Марс — наш. Так? Значит, и всё, что на Марсе, — тоже наше.

— Да, наше. И что дальше? Где тут написано, что Земля хочет себе этот ровер вернуть? Не написано? Не написано. Ну и вот.

Пашка развернул листок, прочитал статью еще раз, перевернул на пустую сторону и попытался там найти хоть один внятный знак. Кроме логотипа фирмы по производству пластиковой бумаги, ничего там не было.

— Тьфу! — сказал Пашка и пугливо оглянулся.

Я поморщился: какой смысл выдвигаться, если и повода нет, и штраф впасть могут за растрату водных ресурсов.

— Нет, Коль, ты послушай, — продолжил Пашка. — Я ж совсем не то имею в виду. Представь: Земля обратно ровер не запросит. Он останется у нас. Понимаешь?

— Ну чего ты трюндишь? Толком объясни!

— Я и объясню! — Пашка начал сердиться. А когда он сердится, то просто непонятно, что говорит: со второго на третье перескакивает, слова проглатывает и вообще полное впечатление, что сейчас по башке стукнет и тут же убежит. Лучше его до такого состояния не доводить. — Новость официальная, так? Земля ответную петицию не предоставила, так? Значит, ровер теперь наш, марсианский. А вместе с ним и вся его начинка. Понял? Дошло?

Да, теперь до меня действительно дошло. Если он с 2004 года тут работал и, кроме колес, ничего не поломал,

значит, вся электроника — при нем. Песком его, конечно, в свое время основательно завалило. Но теперь обратно откопало. И есть куча шансов, что хоть какая-то часть оборудования в рабочем состоянии. В общем, считай, контрабандный товар, за доставку которого платить не надо.

— Так куда, говоришь, «Спирит» отправили?

— Не говорил я этого, — возразил Пашка.

Да только по нему сразу видно, что просто так он не стал бы мне это сообщение приносить.

— Ну, давай, колись!

— Куда отправили? В Исторический музей, куда же еще!

— И так победно на меня смотрит, будто он сам его из кратера Гусева до Большого Сырта на закорках притащил.

— В Исторический, значит. И что, уже можно на экскурсию идти?

— Нет, он совсем! — Пашка воздел руки, потряс ими по примеру Злобного Гомфри из голофильма «Восстание машин», когда тот призывал небеса упасть на головы бойцов Сопротивления, и упер их в бока. — Какая экскурсия?! Не тупи! У тебя ж там брат в отделе раритетов работает.

Ну да, есть такое. Хвастался, помню. Но это ж последнее дело — семейными связями пользоваться. Я Пашке так и втолковал. Еще когда он в первый раз удочку закидывал на предмет посещения музея в нерабочее время. Дескать, и народу там меньше, и больше всего посмотреть получится, и роботы, смотрители залов, не начинают выгонять за час до закрытия. Вот точно «тьфу» на него!

— Не пойду.

— Мы ж не для развлечения, чудака-человек! Мы ж для дела! Они ж там не понимают, какое сокровище у них есть!

— А мы придем и сразу им глаза откроем...

— Конечно!

Ну, я и согласился.

Вышли мы из-под жилого купола, взяли дежурный краулер и почесали через весь поселок. Сначала в сторону космопорта — по Центральной, а потом направо, к музею. Только не доехали. Сразу не получилось. Включилась рация и сообщила нам приторным голосом дежурной, что всем краулерам, не занятым плановыми работами, надлежит немедленно прибыть в квадрат 5-ВО с целью оказания помощи.

Пашка аж взвился:

— Чего у них случилось-то?! Мы ж опоздаем!

— А что бы ни случилось. Поворачиваем. — И я крутанул руль.

Пашка заткнулся, конечно. Это он сдуру ляпнул про опоздание. Еще бы. Если друг другу не помогать когда надо и только на спасательные команды надеяться, то и самому погибнуть недолго. Никто к тебе с помощью не придет и из зыбучего песка не вытащит. Вон, как Семена месяц назад из ямы-ловушки доставали. Спасатели к самому концу только подоспели, когда Семена уже на поверхность

вытащили. А у него баллон поврежден, еще минут десять, и можно было бы обратно в яму засовывать и памятник прямо на месте устанавливать...

Ну, едем в квадрат, а я всё думаю — что ж там такое? Наконец, вспомнил: антенна принимающая. Которая со спутников сигналы ловит. То есть если она сломалась, то мы слепы и глухи. Ни про погодные условия не узнаешь, ни про местонахождения отдельных граждан на поверхности, ни про взлет-посадку. А это грозит разными неприятностями. Сядет, например, какая-нибудь неуправляемая ракета со спутника, да прямо на голову. Веселого мало.

В общем, мы первыми приехали. Высадились, смотрим. И не видим ничего. То есть совсем. Управляющий пост песком так давно запылил, что он с поверхностью слился, тарелка по дну кратера распластана — ее только с бровки заметишь, а габаритные огни вообще нигде не горят.

— Энергию вырубил, — сказал Пашка. А то я сам не понимал! Пашка любит что-нибудь подобное ляпнуть, что и так всем ясно, а потом с гордым видом ходить, будто он всех умнее. Я отвечать не стал. Сразу действовать предложил, благо подходящее оборудование всегда на борту.

— Вынимай детектор. Будем обрыв искать.

Подняли мы аппарат, на песок выволокли и пошли вдвоем на сигнал — змейкой расходящейся. Чтобы уж наверняка обнаружить, с первой проходки. При таких делах на погоду не смотришь. И на часы — тоже. Ветер там или хищные перекасти-поле вокруг собираются — на всё плевать. Фигурально, конечно.

Пяти минут не прошло, как нас сменили. Вежливо, но настойчиво. Поблагодарили и отправили в поселок, чтобы взрослым под ногами не мешали. Тут не поспоришь: погрузились в краулер и обратно поехали. Сидим, молчим. И как-то беспокойно на душе, будто чего пропустили, а что именно — непонятно.

— Пашка, ты о чем думаешь?

Он еще помолчал, а потом так нехотя отвечает:

— Думаешь, почему обрыв был? Диверсия это. Что хошь поставлю — диверсия. Наверно, этот диверсант делишки в тайне решил обделать.

— Кстати, как думаешь, починили уже или нет?

— Послушай, что люди говорят.

Это он правильно напомнил. Я радио включил, и как по заказу тут же объявили, что неисправность устранена и всё в порядке. Но мы-то с Пашкой знаем, что не всё в порядке, да только кому докажешь? Решили пока на эту тему не распространяться. К тому же уже почти к музею подъехали.

Остановились, вошли. Рабочий день там еще не закончился, так что роботы пропустили без вопросов. Но нам же не в залы надо, а в служебные помещения. Тут как раз родственные связи и пригодились: пропускную карточку брата я еще прошлым летом скопировал, когда Пашка собирался зайцем в экспедиции к Олимпу участвовать. Еле отговорил его тогда. Но карточку всё равно снял — нечего где попало такие вещи разбрасывать.

По залам пробежались, служебную дверь отыскали, я карточку в ридер и сунул. Позвякало там, и замок отщелкнулся. Дескать, милости просим. Вошли, дверь за собой прикрыли, а куда дальше — непонятно. Мы ж никаких планов не рассмотрели. Да и нет их наверняка в свободном доступе. Свои-то всегда знают, куда идти. А чужим тут места нет. В общем, топотались мы у входа, туда-сюда дернулись, и я брату позвонил, Алексею.

— Леша! — говорю. — Выручай. Заблудились.

Он там чего-то промышал, и сразу на стене огонек-сопроводитель замигал. Мы вслед за ним и направились. Быстро дош-

ли, только не совсем понятно — куда. Помещение высокое, большое, только все сплошь какой-то рухлядью заставлено.

— Чего пришли? — спросил Алексей.

Ну не будешь же ему всякую лажу гнать. Пришлось о ровере рассказывать.

Леша покивал и подбородком в сторону двинул, чтоб за ним шли. Оказалось, он как раз песок и пыль из ровера удалял, когда мы заявились.

Пашка сразу про все забыл, к машине кинулся, чуть ли не обнимает ее. Руками щупать боится, а так, по воздуху, оглаживает и чего-то нежное приговаривает. Совсем умом тронулся.

— Это он чего? — спросил меня Леша.

— Не знаю. Я вообще не очень понимаю, что Паша хочет со «Спиритом» делать.

— Так спросить надо.

— Паша, — спрашиваю, — какие у тебя планы-то? По отношению к роверу?

А он внимания на вопросы не обращает, только знай талдычит:

— Камеры! Микроскоп! Спектрометры! Интерферометр! Ух ты!

— С чего ты взял, что это они?

— С того. Литературу читать надо. Техническую. — И сморщил нос, будто я только художественной увлекаюсь. Да у меня технических текстов раза в два больше, чем у него!

Тут Алексей за меня вступился:

— Нет, это не они. Всё это на выносной штанге крепилось. Штанга утратилась. Хотя передний манипулятор еще на месте. Давайте-ка его посмотрим — там тоже кое-что интересное было.

Посмотрели. Вынули из корпуса, протестировали, обратно смонтировали. Манипулятор смазали, продули от пыли, цепи проверили. В общем, состояние вполне рабочее. Если не считать, что фотоэлементы, которые были сверху установлены, полностью песком счищены и, ясно дело, не работают. А аккумуляторы в единую массу спеклись.

— Хорошо. — Леша руки вытер. — Так из-за чего весь сыр-бор?

Тут Пашка и рассказал свою идею об использовании инопланетных технологий. А то, что они старые, так ничего и не значит. Старое, оно завсегда надежнее нового, потому как временем проверено.

Леша засмеялся:

— Если б люди тебя, Паша, слушались, никакого прогресса бы не было. Так и жили бы в пещерах, охотились на мамонтов, а единственным оружием труда оставалась бы дубинка.

— Между прочим, мамонтов как раз человек и истребил. Как потом многих других животных. С помощью оружия, кстати. Которое во имя прогресса вашего изобрел, — обиделся Пашка.

— Ладно, Паша. Нужен ровер — бери. Только, сам понимаешь, для научной деятельности. Не забудь потом отчет написать. А ты, Коля, проследи, чтоб всё нормально было, — и подмигивает мне.

Ну, ясно дело, прослежу. Пашка всегда сначала чем-нибудь загорается, а потом запал у него проходит и ему уже неинтересно возиться. Тут его и надо пинать, чтоб не отлынивал. Пока получалось.

В общем, погрузили ровер в краулер и домой ко мне отвезли. У Пашки вечно проблемы со свободным пространством.

Поставили «Спирит» на стенд и стали каждый агрегат последовательно тестировать — узел за узлом, связь за

связью. Здесь важно не нарушить ничего, а то все труды могут насмарку пойти. Обидно будет.

И какая-то мне несуразность во всем этом чудится. И через час меня вдруг осенило. Это ж не современная техника, защищенная от преднамеренного взлома! Это ж такое старье, что тогда и законов лицензионных еще толком принято не было. Я свои соображения Пашке тут же и выложил.

— Нет тут никаких пломб! Сам смотри. И автоуничтожение при вскрытии не предусмотрено. Это тебе не нынешнее время. Тогда никто от марсиан технологии не скрывал.

— Марсиан не было, вот и всё. А то бы наверняка тепловую бомбу подложили.

В общем, дорвались мы до земных технологий, никаких лицензий не приобретаая. Не знаю, как Пашка, а я себя древним пиратом почувствовал, которые в начале века бесплатный контент скачивали и от полиции в метро прятались. Так у них так подземелья назывались.

Теперь лишь бы понять, как это работает и как его в наших условиях производить. С работой мы с Пашкой быстро разобрались, когда сюрпризов опасаться перестали, а вот с производством — нет. Всё из-за нашего скудоумия, как мне отец говорит. Надо было кого-нибудь поумнее на помощь звать.

Вот мы из комнаты выбрались и остановились обсудить — куда сначала идти. Или лучше не идти, а сразу Леше звонить, сказать, что не справились. Сошлись, что лучше с братом сначала поговорить, а там уж что он посоветует. Позвонил я ему, вызвал, и тут сзади голос какой-то незнакомый:

— Эй, парни!

Мы с Пашей обернулись. Перед нами стоял типичный геомэн. Ну, просто типичнейший! Как их в комиксах рисуют, разве что только без шляпы. Низенький, полный, круглый, что твой колобок, и обильно потеющий. Белый костюм с множеством карманчиков и огромный клетчатый платок, которым он вытирал то лицо, то лысину. Хорошо хоть, не сморкался, а то бы нас враз вывернуло.

— Гы! — сказал Пашка и чуть не показал на это чудо пальцем.

— Меня зовут Энтони Смит.

Тут Пашка чуть было опять не сказал свое «гы», да я его толкнул: пусть и геомэн, а правила вежливости все равно соблюдать надо.

— Я к вам по делу, — продолжил этот Смит и замолчал.

Стало быть, ждет, когда ему ответят. Что-нибудь этакое, вежливенькое. Я кашлянул и тоненьким голоском выдал:

— Как поживаете, мистер? — Вроде бы так к жителям Земли обращаться надо. Угадал.

Смит расцвел весь, заулыбался, будто родственников встретил и продолжил:

— Спасибо, дела в порядке. Что же касается сегодняшнего... В общем, так, парни. Дошли до меня сведения, что вы «Спирит» обнаружили.

— Не, не мы! — прервал его Пашка. — Ареодезисты. Они его в музей доставили. А мы так, по знакомству...

Пришлось Пашку опять толкать, а то ведь всё выложит этому геомэну.

— Не важно, кто доставил. Важно, что он теперь у вас, — и выжидающе так на нас смотрит. А сам лысину платком вытирает. Очень меня его платок нервирует.

— Да, у нас, — осторожно подтвердил я, — мы на него расписку в музей оставили. А вам-то, мистер, что за дело?

Вежливо так ответил, даже загордился.

— Мне такое делою — Смит чуть запнулся, но все ж продолжил: — Продайте его мне, парни.

У Пашки челюсть и отвисла. Наверно, и у меня выражение было ничуть не лучше, жаль, зеркала рядом не оказалось, чтоб его в норму привести.

— Это как, — говорю, — продать?

— Просто! Я вам плачу. Заметьте, кругленькую сумму. А вы передаете мне все права на ровер.

— А он вам зачем? — не удержался Пашка от глупого вопроса, за что тут же в бок получил.

— Хороший вопрос! — похвалил Смит. — Сейчас объясню. Понимаете, я коллекционер. Собираю раритетную космическую технику. В коллекции у меня много чего есть. Даже спускаемая капсула «Востока», на котором первые космонавты летали. А ровера — не хватает. «Опотьонити», который «Спириту» почти идентичен, у Хауса в коллекции. Вы его не знаете, наверно. — Смит махнул рукой. — А если бы знали, то сразу же поняли, что получить от него ровер шансов нет. А тут — находка «Спирита». Удача! — говорю я сам себе и лечу на Марс. Узнаю, у кого сейчас ровер, и вот я здесь!

— Мистер, — Пашка все же вспомнил, как обращаться к геомэнам, — а что вы с ним потом делать будете? Если получите?

— Не если, а когда. — Смит наставил на Пашку толстый палец, как дуло пулевого пистолета, я даже вздрогнул, и объяснил: — Я его отремонтирую, заменю утраченные или испорченные детали и поставлю на приличествующее ему место. А такое место у меня уже давно подготовлено, можете не сомневаться.

— И все будут на него смотреть?

— Почему все? — пожал плечами Смит. — Те, кому это интересно: мои гости, мои родные, мои друзья.

— Пашка, помолчи! — оборвал я друга, едва увидев, что он опять хочет чего-то спросить. — Вам же, мистер, ответ простой: «Нет!»

Смит приветливо кивнул:

— Конечно, конечно! Я же не назвал вам цену! И так, внимание! Пятьдесят тысяч евро!

Мы с Пашкой недоуменно переглянулись.

— Ах, да, меня же предупреждали, что нормальные деньги у вас не в ходу. В какой валюте предпочитаете? Сейчас мы пробьем курс по Глобал-банку...

— Он не продается, мистер. Совсем не продается.

— Печально, — говорит Смит, а сам улыбается. — Только сомневаюсь, что два таких взрослых парня ничего не знают о товарно-денежных отношениях между нашими планетами.

Что взрослые — это он прав на сто процентов. Мне уже семь, совершеннолетний, считай. Да и Пашке столько же. А про товарно-денежные отношения я не понял. Ну, торгует Земля с Марсом, а Марс с Землей — и что?

— Я ж вам про другое... — И чувствую, что слов не подобрать. Да и зачем мне с этим геомэном время тратить? Дел невпроворот, а мы застряли.

Тут как раз Алексей подошел. И сразу в разговор вмешался. Это он вовремя, а то я уж и не знал, что этому Смити отвечать.

Леша увидел, в какой оборот мы попали, кашлянул для приличия и тему продолжил:

— Давайте, я растолкую. Вся собственность на Марсе — общественная. То есть принадлежит всем людям в равной мере. Кстати, и вам сейчас — тоже. Следовательно, нельзя распределить собственность таким образом, чтобы у кого-то одного было больше, чем у других. Потому что для этих других может вовсе не хватить жизненно важных ресурсов: воздуха, воды, пищи... Понятно?

— Всегда есть излишки, — не отступал Смит. — Их нужно как-то перераспределять и использовать. Почему они не могут скапливаться у кого-то одного? самого умного, предприимчивого, ловкого, достойного?

— Жадного, — добавил я.

Алексей поднял раскрытую ладонь, призывая к молчанию, и я тут же заткнулся.

— Излишков не бывает. У нас слишком мало ресурсов. Да, есть запас на непредвиденные случаи, но это — другое дело.

— А-а! Понял! — Мистер Смит просиял. — Все вокруг народное! Но если не хотите личного обогащения, я могу выплатить в этот ваш фонд непредвиденных расходов. И даже не деньгами, а сразу необходимыми ресурсами. Что вы предпочитаете? Воздух? Воду? Пищу?

— Мы предпочитаем, чтобы «Спирит» остался у нас, — поставил точку Алексей.

— И какая вам в нем польза?

Тут любой бы терпение потерял, даже я. Ну, не сечет этот геомэн элементарных истин, что с него взять? Достаточно их дебилные телешоу посмотреть, чтобы понять, вокруг чего все их мысли крутятся. Если честно, я бы плюнул на Смита и ушел, пусть штраф выписывают. Но брат не таков. Он даже не вздохнул, когда пришлось в десятый раз одно и то же объяснять.

— После того как Марс объявил о независимости, очень многие на Земле хотели ее уничтожить. Да и сейчас хотят. Военные методы были признаны негуманными и малоэффективными. Поэтому против нас применили исключительно экономические санкции. В надежде, что мы быстро сдадимся. Просчитались, конечно. На Земле часто недооценивают решимость колонистов обрести независимость. Тем не менее всё, что доставляется с Земли, облагают огромными пошлинами. А наши товары покупаются по спецтарифам. Поэтому задача — перейти на полностью замкнутый цикл. Чтобы все, необходимое для жизни, производить здесь, на месте.

— Тогда чем вам может помешать небольшое частное вливание в ваш бюджет?

— Зависимостью. Нет, не материальной. Психологической. Один раз запросивши помощи, не откажешься и от второго, и от третьего раза. А там — прощай независимость. Так что до свидания, господин хороший. Вы ж сюда по туристической визе прибыли? Не по дипломатической? Поэтому осматривайте достопримечательности, сходите в музей, полюбуйте на Олимп в непосредственной близости.

Смит фыркнул, резко повернулся, еле удержавшись на ногах, и широкими шагами запрыгал от нас подальше.

— Чего ж ты ему о пользе ровера не рассказал?

— А ты сам ее как понимаешь? — Алексей потрепал меня по голове.

— Технологии, историчность, еще что-нибудь?

— Все так. Но главное — в другом. «Спирит» — он же часть общества. В нем — наш дух. Так же, как и в первых орбитальных станциях. В людях, которые первыми ступили на этот песок. Которые строили наши купола. Которые стали здесь жить. И которые добились независимости. Он — это мы. А мы — это он.

Сильно брат сказал. Я бы так не смог. Конечно, чувствую я то же, что и он, но вот выразить словами — никак не могу. Для этого особый талант нужен.

Избавились мы от геомэна и к насущным делам вернулись. То есть к исследованиям ровера. Алексей хорошо помог — подсказал, где информацию искать, как с ней удобнее работать, и ушел. Мы с Пашкой компьютер «Спи-

рита» включили и стали потихоньку исследовательские программы по нему прогонять. Допоздна засиделись. Нам электричество и отключили — мы суточный лимит весь выбрали. Сидим в темноте, планы на завтра строим, расходиться неохота. Потом чего-то замолчали, задумались, не иначе.

И вижу вдруг: какой-то посторонний силуэт движется.

Просто сюрреалистическая картина. В полной тишине, при свете синей аварийной лампы въезжают два робота-погрузчика и направляются прямо к роверу. Приподнимают его и везут к выходу. Типичное похищение. Точнее, кража, если в юридических терминах. Задача любого — кражу предотвращать. Особенно если этим роботы занимаются. А как робота остановить — любой младенец знает. Нужно блокиратор на задней стенке корпуса повернуть, робот сразу же и обесточится. Я к одному роботу, Пашка — к другому, а блокиратора-то и нет! Отсутствует! Едрена вошь! Это что ж за роботы такие?!

На эту тему можно было б долго размышлять, всякие предположения строить, да некогда. Унесут же ровер, не поморщатся! Тут не до сантиментов: надо пломбу срывать. Лучше всего на двигателе. Ищу я пломбу, на бегу корпус ощупываю, а ее и нет! Ни одной нет! То же и у Пашки. Он как закричит:

— Это чужие роботы!

У меня сразу просветление наступило. С Земли эти роботы. Их Смит контрабандой доставил, без документов, чтобы ровер у нас стянуть. И ведь получится у него, если роботов не задержать. Они уже у двери. Еще чуть-чуть, войдут в шлюз и на поверхность выберутся.

Пришлось хватать что попало и в колесо пихать. Да только это совсем мало помогло, потому что у них микродвигатели прямо на оси каждого колеса стоят. Тогда я другую штуковину схватил и — хрясь ближайшего робота по башке! Не подумал. В голове у него, кроме дополнительных окуляров и камер, ничего больше нет. К счастью, я это сразу сообщил и еще раз ударил. Нет, не по роботу. По аварийной системе закрывания шлюза.

В общем, замуровался. Роботы еще в дверь подергались, открыть не смогли, ровер поставили и разошлись, чтоб выход найти. Ну, пусть ищут, а я точно знаю, что он у нас единственным был.

Пришлось звонить, ситуацию обрисовывать и помощи просить. Спасательная группа с нейтрализаторами быстро прибыла, я даже не успел как следует с Пашкой поругаться. А вторая группа поехала Смита забирать с космодрома, как контрабандиста и похитителя.

У него потом всю незадекларированную технику реквизировали, спутник, с которого он к нам слетел, на поверхность опустили, штраф впаяли, согласно закону, и на Землю отправили. Зачем нам здесь такое чудо?

Так он напоследок учудил. Сначала много ругательных слов наговорил, а потом взял и плюнул прямо на пол. Ему тут же и объявили, что он больше не въездной. В соответствии с законами независимого Марса. Смит пренебрежительно фыркнул и улетел на Землю.

И вот точно я знаю: ничего он не понял. Вот ничегошеньки.

Не в деньгах дело. У них же там, на Земле, все продается и покупается, даже совесть. Потому что слишком богатые.

У нас — иначе. Поэтому они нас и не понимают.





# Московский Дом Книги

## СЕТЬ МАГАЗИНОВ



### Б.Я. Бендерский, А.М. Липанов

Ученые улыбаются, грустят, шутят, рассказывают  
Институт компьютерных исследований, 2012

**К**нига содержит 73 биографии выдающихся ученых: первая часть посвящена нобелевским лауреатам, вторая — другим известным ученым. Помимо «официальных» биографических фактов, вы узнаете интересные случаи из их жизни, прочитаете забавные высказывания. Книга может быть полезна студентам, аспирантам и преподавателям.



КНИГИ

### И.Т. Фролов

Философия и история генетики: поиски и дискуссии  
КомКнига, 2012

**К**нига рассказывает о взаимоотношениях философии и генетики, о проблемах, которые возникали с момента ее зарождения до наших дней. Что дает генетике диалектико-материалистическая методология, и как эту науку можно извратить и как она извращалась лжедиалектикой? Также в книге говорится о философском значении творчества Г. Менделя, Т.Г. Моргана, Н.И. Вавилова, А.С. Серебровского и других.



### Стивен Хокинг, Леонард Млодинов

Кратчайшая история времени  
Амфора, 2012

**П**роисхождению Вселенной, а также пространству и времени, посвящена эта книга знаменитого английского астрофизика Стивена Хокинга, написанная в соавторстве с популяризатором науки Леонардом Млодиновым. Это новая версия известной «Краткой истории времени», дополненная последними данными космологии, в которой авторы попытались еще проще и понятнее изложить сложные теории.



### Нил Шубин

Внутренняя рыба: история человеческого тела с древнейших времен до наших дней  
Астрель, 2012

**П**очему мы выглядим так, как выглядим? Что общего между человеческими руками и крыльшками бабочки? И как связаны между собой волосы, молочные железы и сложное устройство нашего уха? Эти вопросы только кажутся глупыми — на самом деле ответы позволят нам лучше понять строение человеческого организма, а значит, найти причину его слабостей и болезней. Нил Шубин — профессор анатомии, известный палеонтолог и один из первооткрывателей легендарного тиктаалика (промежуточного звена между рыбами и наземными животными), предлагает читателю совершить увлекательное



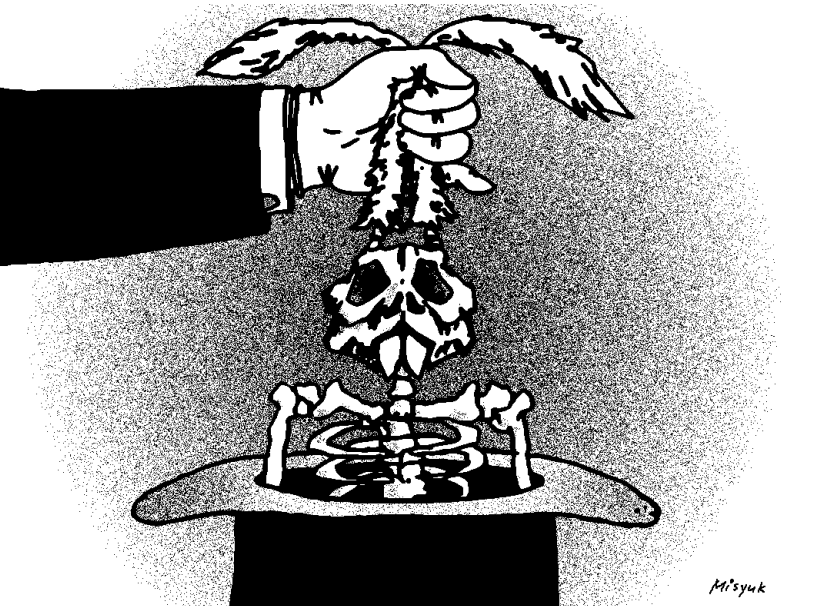
### Фрэнсис Эшкрофт

На грани возможного: наука выживания  
Альпина нон-фикшн, 2012

**Е**сли раньше в экстремальные ситуации попадали единицы, то теперь экстримом увлекаются миллионы. Но многие ли знают, как функционирует живой организм в самых суровых и не подходящих для его существования условиях? В жаре и в холоде, высоко в горах, где почти нечем дышать, и на морских глубинах, где «закипает» кровь? Все это автор знает не понаслышке.



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)



Художник В. Мисюк

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Тайна саблезубых

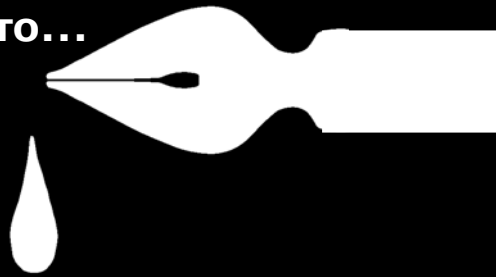
Внезапное исчезновение гигантских млекопитающих 12 тысяч лет назад — одна из великих загадок истории, которую современные ученые пытаются разгадать все более изощренными методами. Казалось бы, победа близка, факт резкого изменения климата из-за падения кометы почти доказан, выстроена цепочка событий: похолодание — массовая гибель травоядных — голод хищников. А в голодную эпоху выживает мельчайший — более проворный и нуждающийся в меньшем количестве пищи. Размер хищника падает, и он перемещается в другую экологическую нишу. Измельчавший волк охотится на зайцев, что прежде были пищей гигантского койота, а тот начинает поедать мышей. Что до саблезубых тигров, они просто исчезли, не пережив бескормицу.

А пока еще были живы — грызли кости, теряя при этом зубы, предназначенные для поедания мягкого мяса жирных мамонтов. Подтверждение этой стройной картины нашлось в работах Блэра ван Валкенбурга из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, который в 1993 году опубликовал результаты исследований черепов гигантских львов, волков, койотов и саблезубых тигров, найденных в битумном озере Ла Брейя. Это место — кладь для палеонтологов, на протяжении тысячелетий в нем погибло множество животных, останки же прекрасно сохранились. Так вот, ван Валкенберг обнаружил, что у гигантских животных слишком часто встречаются обломанные зубы. «Возможно, они изнашивались оттого, что пришлось грызть кости», — заключил он.

Но вот пришло время проверить этот вывод: Питер Унгар из Арканзасского университета создал метод изучения микроследов на зубах. С его помощью беспристрастный компьютер может определить, чем обычно питалось древнее животное. Этим методом Унгару с коллегами уже удалось разоблачить гипотезу о том, что древний человек, прозванный Шелкунчиком (Nutcracker Man), питался в основном орехами. В недавней же работе («PLoS ONE», 26 декабря 2012 года) анализ зубов 15 львов и 15 саблезубых тигров, погибших в озере 30000—11500 тыс. лет назад, показал, что их диета на протяжении тысячелетий не менялась. А изучение зубов современных хищников выявило, что те ломают при нападении на добычу, и чем больше вес хищника, тем чаще это происходит. Неизвестно, разрушит ли свежее исследование стройную гипотезу голодного измельчания, однако новая интрига в этой истории появилась.

С. Анофелес

## Пишут, что...



...снимок морского многощетинкового червя *Nereis pelagica*, выполненный российским фотографом Александром Семеновым, журнал «Nature» включил в число «изображений года» («Nature», 2012, 492, 7429, 328—333, doi:10.1038/492328a, «Химия и жизнь», 2008, № 11)...

...наблюдения с помощью обсерватории «Чандра» за 18 гигантскими черными дырами свидетельствуют, что эти объекты могут превосходить по массе Солнце в 10—40 миллиардов раз («Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 2012, 424, 1, 224—231)...

...в лунном метеорите Dhofar 280 впервые обнаружены самородный кремний и силициды железа («Петрология», 2012, 20, 6, 560—573)...

...производство вакцин против гриппа на основе стабилизированной матричной РНК позволит фармацевтическим компаниям идти в ногу с эволюцией вируса («Nature Biotechnology», 2012, 30, 12, 1202—1204)...

...в Новосибирске создан новый микрочип для определения субтипа вируса гриппа А («Биоорганическая химия», 2012, 38, 6, 676—682)...

...мышь, у которой отсутствует ген белка гамма-синуклеина, вовлеченный в развитие нейродегенеративных заболеваний, меньше страдает от ожирения при богатой липидами диете («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2012, 109, 51, 20943—20948)...

...при формировании у виноградной улитки долговременной памяти в ее клетках метилируется гистон H3, белок, отвечающий за упаковку ДНК («Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова», 2012, 98, 9, 1111—1118)...

...в 2010 году тремя основными факторами развития болезней в мире стали высокое артериальное давление, курение, в том числе пассивное, и употребление алкоголя; в 1990-м на первом месте было детское недоедание, курение — на третьем, на шестом месте с десятого поднялось ожирение («Lancet», 2012, 380, 9859, 2224—2260)...



...предложен метод быстрого чтения ДНК, основанный на растягивании молекулы и измерении потенциала электрического поля в пространстве вдоль нее («Биофизика», 2012, 57, 6, 925—932)...

...при отмывании железнодорожных цистерн от мазута только на крупнейших промывочных станциях РФ образуется около 15 млн. т обводненных углеводородов, из которых можно получить топливо путем обезвоживания («Экология и промышленность России», 2012, 11, 19—21)...

...трансформация природной среды в Кузбассе достигла такого уровня, что поставлен вопрос о признании его зоной экологического бедствия («Сибирский экологический журнал», 2012, 19, 5, 729—742)...

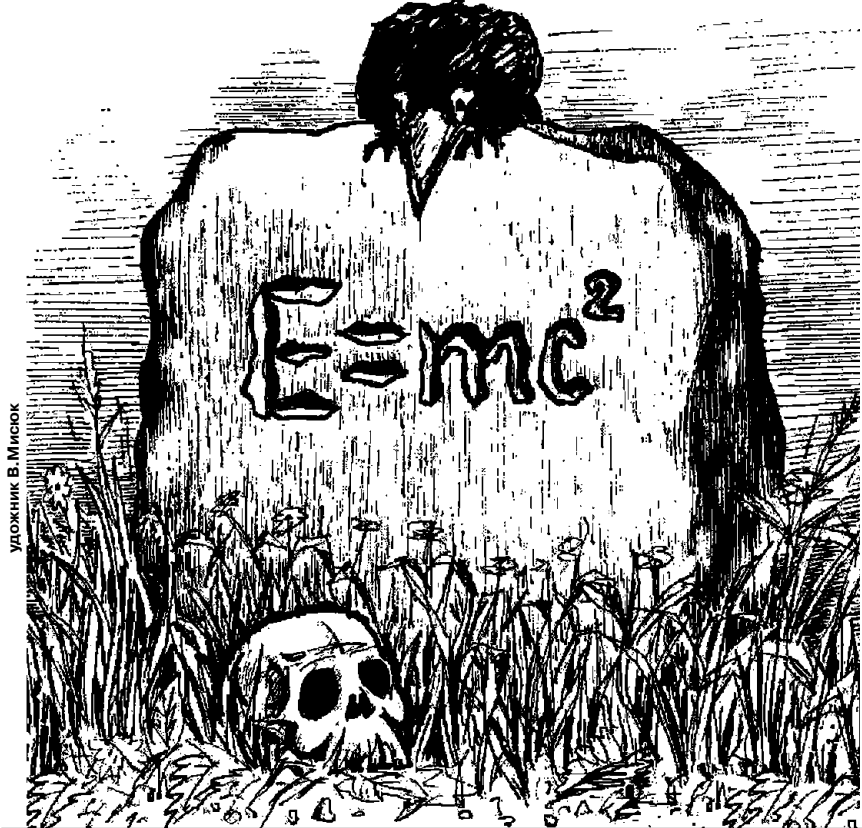
...Имеретинская низменность, на которой строятся объекты Олимпиады «Сочи-2014», характеризуется сложной геологической и гидрогеологической обстановкой, в отдельных местах возможны провалы грунта и подтопления («Геоэкология», 2012, 5, 406—413)...

...первые в истории человечества земледельцы были еще и прекрасными плотниками — об этом свидетельствуют обнаруженные на востоке Германии колодцы времен неолита, датированные 5469—5098 гг. до н. э. (PLoS ONE, 7(12): e51374. doi:10.1371/journal.pone.0051374)...

...опубликованы результаты исследований клеток карциномы мыши, облучаемых сотовым телефоном с расстояния сантиметра; по сравнению с контролем наблюдалось увеличение числа погибших клеток и клеток с изменениями в структуре мембраны («Инженерная экология», 2012, 6, 35—46)...

...холода способствуют ностальгии, так как само по себе это чувство согревает — тот, кто вспоминает о чем-то безвозвратно ушедшем, но приятно, чувствует себя комфортнее («Emotion», 2012, 12, 4, 678—684)...

...предложена модель генетического контроля числа и расположения сосков у домашней свиньи («Генетика», 2012, 48, 11, 1314—1327)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## С константой все нормально

Меняются ли фундаментальные постоянные с течением времени? Этот принципиальный вопрос задают себе многие физики. По умолчанию предполагается, что ответ отрицательный, но вдруг? А тогда появится какая-то другая космология, с ней и физика, и в конце концов пляски констант положат конец космологическому принципу эквивалентности законов в любом месте Вселенной и общей теории относительности заодно.

Похоже, что мы можем с облегчением ответить отрицательно, по крайней мере, про соотношение масс протона и электрона, а стало быть, и связанных с ними постоянных (см. «Химию и жизнь», 2011, № 9). Отсутствие изменений в этом соотношении на протяжении миллиардов лет теперь подтвердилось с точностью до сотых долей процента. Это сделали физики из Амстердамского университета во главе с профессором Вимом Убахом при помощи коллег из Института радиоастрономии общества Макса Планка в Бонне («Science Express», 13 декабря 2012 года).

Прежде всего, они нашли вещество, у которого одни спектральные линии сильно зависят от этого соотношения масс, а другие почти не зависят. Этим веществом оказался метан. Затем они направили радиотелескоп на галактику PKS1830-211, отделенную от нас семью миллиардами световых лет. Найдя в ее радиоизлучении интересные линии, исследователи их измерили и выяснили, что различие между ними в том, галактическим, метане такое же, как и в нашем, земном, а если и отличается, то менее чем на  $10^{-7}$  долей его величины. Искать именно различия между линиями важно потому, что из-за сложного движения Вселенной вычислить абсолютные значения не так уж и легко, и процедуру можно подвергнуть критике. При вычислении же разницы значений возможные ошибки должны взаимно уничтожиться.

Поскольку тот древний метан соответствует даже не современному состоянию Вселенной, когда началось ее ускоренное расширение (вторая инфляция), — он на два миллиарда лет старше этого события, — следует признать, что хоть в этом вопросе у нашего мира имеется некоторая стабильность.

А. Мотыляев



# Атомистика древних

**В.Н.ТУРОВСКОЙ, Москва:** Единица измерения *ppm* (англ. *parts per million* или лат. *pro pro mille*) — миллионная доля,  $1 \cdot 10^6$ ; для массовых концентраций *ppm* заменяют на *мг/кг*, для водного раствора обычно допустимо заменять на *мг/л*; но в химии принята и другая система, *ppm* — мольные доли, *ppmw* — массовые, *ppmv* — объемные.

**А.С.КОМИССАРОВОЙ, Уфа:** Бутилированные минеральные воды действительно газифицируют искусственно, потому что повышенное содержание угольной кислоты удерживает соли от выпадения в осадок.

**П.П.МУХИНУ, Псков:** Домовая (домоиксовая) кислота — это фикотоксин из группы *ASP*, то есть ядовитое вещество микроскопических водорослей, которое может накапливаться в тканях моллюсков, питающихся ими; при отравлении возможна временная потеря памяти, в тяжелых случаях — смерть.

**Л.А.СЕЛИВЕРСТОВУ, Санкт-Петербург:** Карбоксиметилцеллюлоза — не только загуститель, из нее делают, например, рассасывающуюся хирургическую нить.

**Е.Д.ВОРОНЦОВОЙ, Волгоград:** Пищевая добавка *E471* (моно- и диглицериды жирных кислот) помогает создавать стабильные эмульсии жира в водной среде; калорийность ее, конечно, ненулевая, но, так как содержание ее в продукте составляет доли процента, к калорийности жиров в том же продукте она мало что добавляет.

**А.СМИРНОВУ, электронная почта:** Способ, которым герой романа Питера Джеймса «Убийственное совершенство» пытается определить, в Северном он полушарии или в Южном, не годится, при такой постановке опыта направление вращения воды в стоке раковины зависит от случайных факторов; как это сделать правильно, описано в статье В. Сурдина «Ванна и закон Бэра» («Квант», 2003, 3, 12—14, есть в Сети).

**Н.В.ГАВРИЛОВОЙ, Тверь:** Если огуречный рассол так и не пригодился для традиционной постновогодней надобности, в нем можно сварить морскую рыбу, приготовить на нем соус или даже замесить тесто для соленых печенюц.

**ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ:** Снова напоминаем, что в редакции мы принимаем подписку с любого номера (если повезет, то даже включая последний вышедший); можно оформить подписку прямо в редакции, но с доставкой по почте; подробности на [hij.ru](http://hij.ru).

**В**се в мире состоит из мельчайших, невидимых глазом, частиц, которые могут соединяться и разъединяться, порождая все тела во Вселенной. Как из двенадцати нот хроматической гаммы можно

создать бесконечное разнообразие музыкальных произведений, как из трех основных цветов — сотни оттенков, так из первоначал-элементов создается весь видимый мир.

Именно так представлял себе устройство мира Демокрит (около 460—371 гг. до н. э.). Он происходил из богатой семьи и получил прекрасное образование. Но, отказавшись от наследства в пользу братьев, отправился в длительное путешествие, посетив наиболее цивилизованные страны того времени, в том числе Египет, Вавилон, Индию. Большое влияние на Демокрита оказал также его учитель, философ Левкипп (около 500—440 гг. до н. э.). Именно Левкипп впервые ввел в философию понятие атома («атом») (по-гречески «атомос» — неделимый; это слово составлено из отрицательной приставки «а» и греческого слова «томе» — разрезание, рассечение).

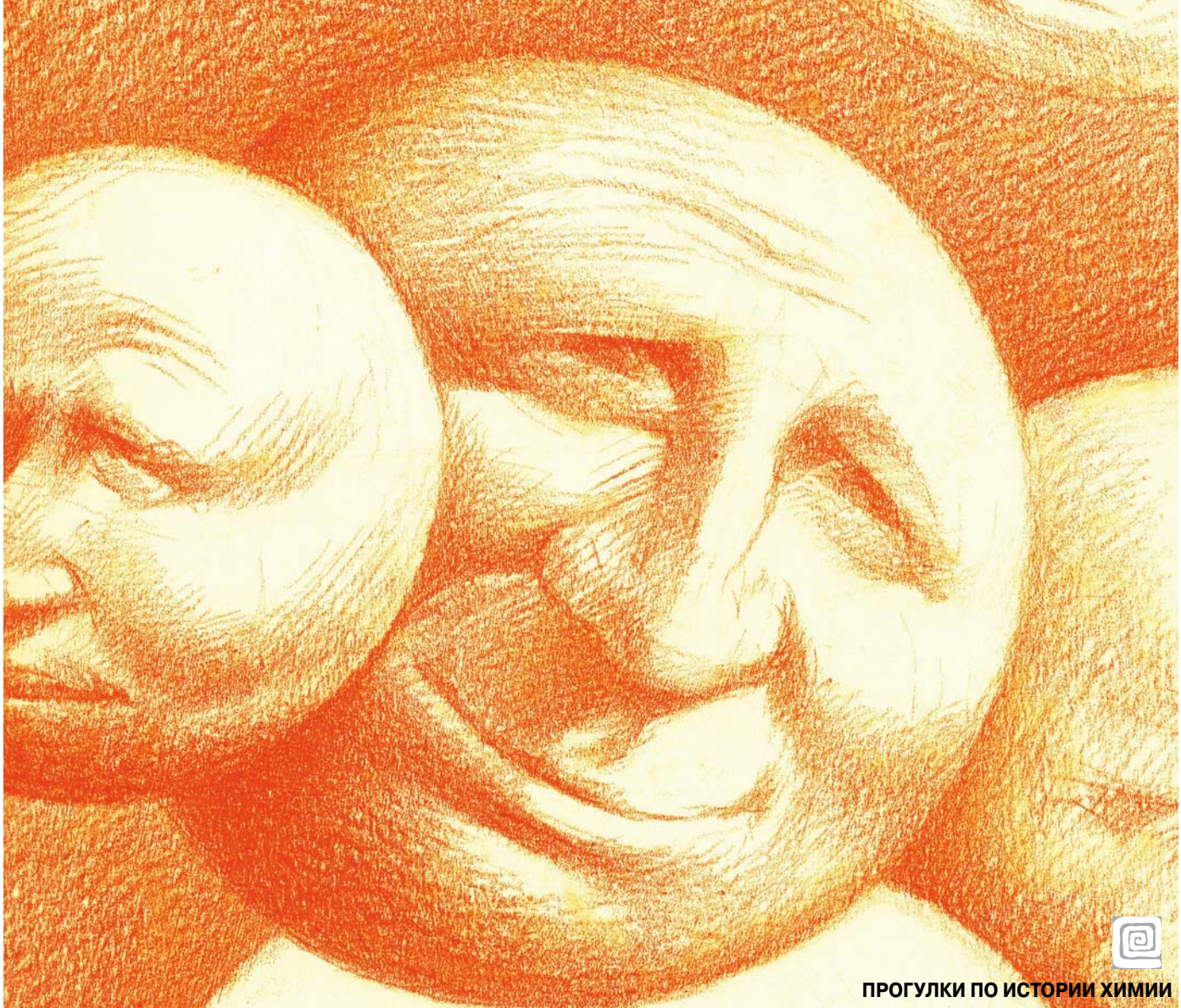
Философы древности разработали две принципиально разные теории устройства мира. Согласно первой, все тела «сплошные»: как бы глубоко мы в них ни проникали, никаких пустот не обнаружим. Вторая теория, которая получила название атомистической, предполагала, что тела скорее «зернистые», чем сплошные. С древних времен до нас дошло рассуждение о разрезании яблока. Можно ли продолжать процесс деления (любого тела, конечно, а не только яблока) бесконечно, получая все более мелкие частицы? Или же на каком-то этапе мы получим такие крошечные тельца, которые дальше уже разделить нельзя? Во втором случае материя будет не сплошной, а зернистой.

По мнению Демокрита, все тела состоят из частичек-атомов, причем разделенных пустым пространством. Эту теорию сейчас называют теорией дискретной материи. Разных атомов, по Демокриту, бесконечное множество. Атом — абсолютно твердое тело (иначе его можно было бы разделить на части!) и имеет неизменную форму. Будучи абсолютно твердым, никакой атом не может измениться. Поэтому атомы существовали всегда, они не могут ни возникнуть, ни исчезнуть. Значит, мир не имеет ни начала, ни конца.

Атомы могут сцепляться друг с другом в разных комбинациях, как детали в конструкторе; из них могут получаться разные вещества, а перестановка атомов приводит к превращению одних веществ в другие. Атомистическая теория претендовала на объяснение некоторых явлений. Например, движущиеся в пространстве атомы, воздействуя на наши органы чувств, вызывают в них ощущения тепла и холода, цвета и запаха.

Никаких доказательств существования атомов у древних, конечно, не было — только рассуждения, но рассуждения замечательные и очень глубокие. Такие, например, как у римского поэта и философа Тита Лукреция Кара (около 99—55 до н. э.):

...Запахи мы обоняем различного рода,  
Хоть и не видим совсем, как в ноздри они проникают.  
И наконец, на морском берегу, разбивающем волны,  
Платье сырее всегда, а на солнце висия, оно сохнет;  
Видеть, однако, нельзя, как влага на нем оседает,  
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.  
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,  
Что недоступны они совершенно для нашего глаза.  
Так и кольцо изнутри, что долгое время на пальце  
Носится, из году в год становится тоньше и тоньше;  
Нам очевидно, что вещь от стирания становится меньше,  
Но отделение тел, из нее каждый миг уходящих,  
Нашим глазам усмотреть запретила природа ревниво...  
Вот посмотри: всякий раз, когда солнечный свет проникает  
В наши жилища и мрак прорезает своими лучами,  
Множество маленьких тел в пустоте, ты увидишь, мелькая,  
Мечутся взад и вперед в лучистом сиянии света.  
Знай же: идет от начал всеобщее это блужданье.  
Первоначала вещей сначала движутся сами,  
Следом за ними тела из мельчайшего их сочетанья,



## ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

Близкие, как бы сказать, по силам к началам первичным,  
Скрыто от них получая толчки, начинают стремиться,  
Сами к движенью затем побуждая тела покрупнее.  
Так, исходя от начал, движение мало-помалу  
Наших касается чувств, и становится видимым также  
Нам и в пылинках оно, что движутся в солнечном свете,  
Хоть незаметны толчки, от которых оно происходит...  
Первоначала вещей уносятся собственным весом  
Или толчками других.

Лукреций, по сути дела, рассказал о броуновском движении; однако, не зная о существовании молекул, не смог его объяснить. Это было сделано лишь спустя два тысячелетия: в 1827 году английский ботаник Роберт Броун наблюдал хаотическое движение взвешенных в воде крошечных зерен, выделенных из пыльцы растений. Но далее Лукреций высказывает интересный довод:

Если тела бесконечно дробленью доступны,  
То непонятно тогда, почему же они сохранились,  
Испокон века всегда подвергаясь несчетным ударам...

Лукреций проводит аналогию между порядком, в котором соединяются атомы, и буквами, которые могут образовать множество разных слов: из небольшого числа букв можно составить бесконечное число литературных произведений. Заметим, что в современном латинском алфавите 26 букв, а во времена Лукреция их было меньше — w, j, u, k, z ввели только в Средние века. Большинство философов все же склонялись к тому, что атомистическая теория неверна. С «пустотой» между атомами не

мог примириться величайший философ древности Аристотель. Он полагал, что это представление несет в себе логическое противоречие: ведь пустота — это «ничто», но как может быть то, чего не существует? А если пустоту между атомами уничтожить, они слипнутся друг с другом, не смогут свободно двигаться и вся теория рухнет. Аристотель считал, что пустоты в нашем мире нет, это абстракция, лишённая смысла: «Natura abhorret vacuum» — природа не терпит пустоты. Этот постулат в течение многих столетий был основой так называемой аристотелевской физики. Авторитет Аристотеля был огромен, и атомистическая гипотеза строения материи долго оставалась на задворках науки. Причем в современной физической картине мира абсолютной пустоты не бывает; даже если в какой-то области пространства нет ни одного атома, эта область заполнена излучениями и полями.

Атомистическая теория Демокрита не стала общепризнанной вплоть до середины XIX века. Это была чисто философская концепция, более чем на 20 веков опередившая свое время. Атомизм древних не имел отношения к практическим знаниям и потому не оказал влияния на развитие ремесел. Только в XIX веке атомно-молекулярная теория стала на службу химии. Оказалось, что в природе существует около 90 различных «первоначал» — химических элементов, из которых построены все окружающие нас тела.

Зарождению химии предшествовал период расцвета, а затем упадка алхимии — удивительной смеси философии, мистики и упорных трудов. Но об этом в следующей статье.

**И.А.Леенсон**

11-я международная специализированная выставка

16 – 19 апреля 2013 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

Аналитика Экспо

Мир инноваций!



получите билет на сайте

[www.analitikaexpo.com](http://www.analitikaexpo.com)

- анализ и контроль качества
- контрольно-измерительные приборы
- лабораторное оборудование и технологии
- лабораторная мебель

- химические реактивы и материалы
- комплексное оснащение лаборатории
- биотехнологии и диагностика
- нанотехнологии

Организатор:



В составе группы компаний ITE  
Тел.: +7 (495) 935 81 00  
E-mail: lomunova@mvk.ru

Соорганизаторы:

НП «РОСХИМРЕАКТИВ»

ААЦ «Аналитика»



НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН  
по аналитической химии

Официальная поддержка:

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