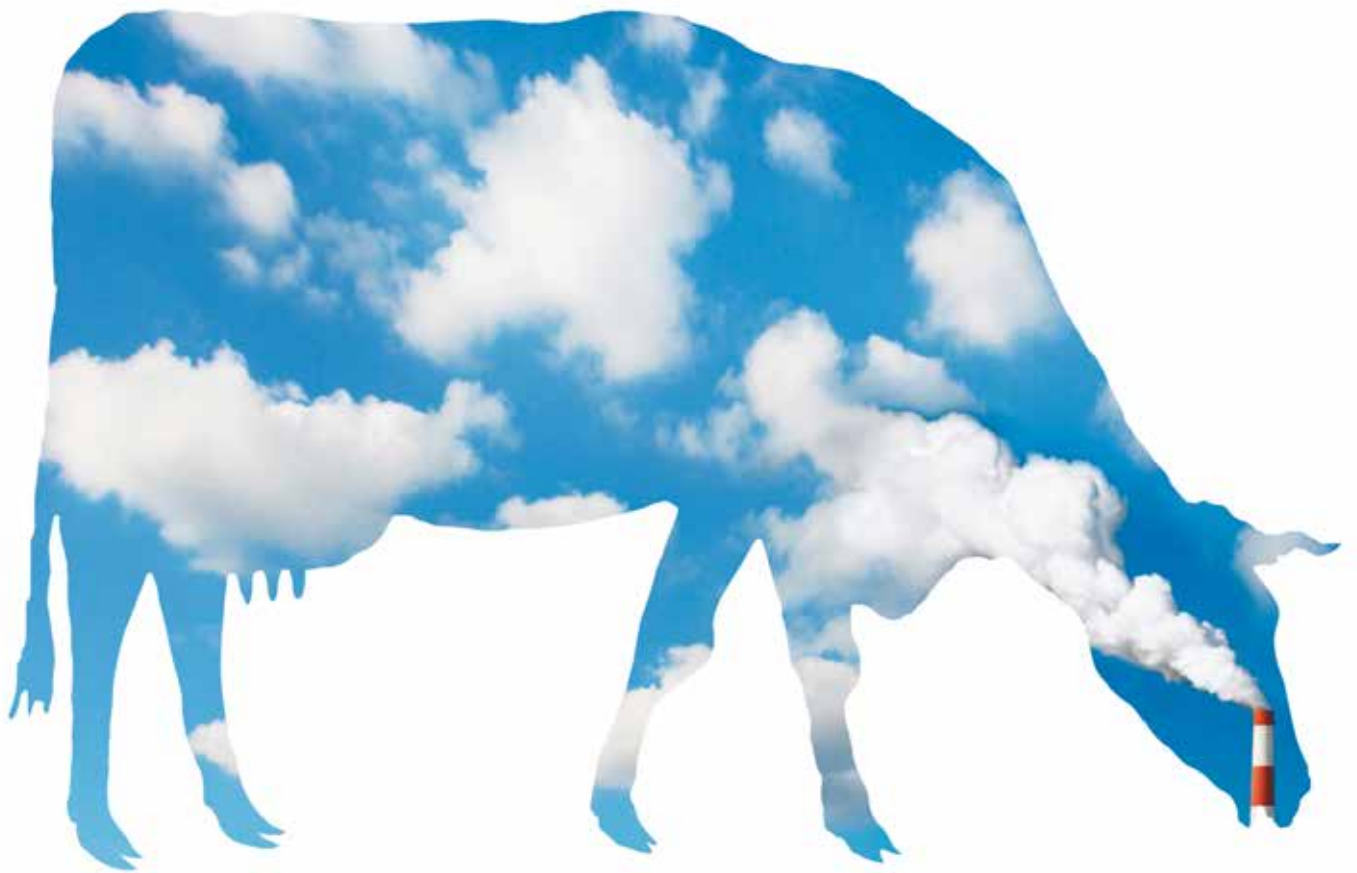




**ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**

**9** /2017







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

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

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

Подписано в печать 22.08.2017

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

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Вермеера «Любовное письмо».  
Ухудшников свои методы исследования  
тахикардии при стрессе, у врачей  
свои. Подробности в статье «Звук,  
доходящий до сердца».

*Даже конклав кардиналов можно довести  
до людоедства, если действовать  
терпеливо и не спеша.  
Станислав Лем*

# Содержание

<b>Репортаж</b>			
КВАНТОВЫЕ МАНИПУЛЯЦИИ НА ФИЗФАКЕ МГУ. С.М.Комаров.....	2		
<b>История современности</b>			
ТЕЛЕПОРТАЦИЯ: С ЗЕМЛИ В КОСМОС И ОБРАТНО. С.М.Комаров.....	4		
<b>Научный комментатор</b>			
РЕДАКТИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА: ПРИРОДА ПОДСКАЖЕТ. Е.Клещенко .....	8		
<b>Живые лаборатории</b>			
ПАУЧИЙ СЛУЧАЙ. А.И.Курамшин .....	12		
<b>Ученые досуги</b>			
СКОЛЬКО СУЩЕСТВУЕТ ГАЗОВ? Р.А.Кипер .....	15		
<b>Хемоскоп</b>			
ЦИТОМЕГАЛОВИРУС ЧЕЛОВЕКА: СЕКРЕТЫ УПАКОВКИ. ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ КРАСНОГО ДРАКОНА. РОБОТ-ХИМИК КРИСТАЛЛИЗУЕТ ЛУЧШЕ ЛЮДЕЙ. А.И.Курамшин.....	16		
<b>Размышления</b>			
ВОПРЕКИ ЭКСТАЗУ. Л.Хатуль .....	18		
<b>Эксперимент</b>			
СИНХРОНИЗАЦИЯ МОЗГОВ. С.Анофелес.....	22		
<b>Технологии</b>			
ЗВУК, ДОХОДЯЩИЙ ДО СЕРДЦА. В.А.Острогорская .....	24		
<b>Проблемы и методы науки</b>			
ВЗГЛЯД ИЗ ГЛУБИНЫ. Н.Л.Резник.....	30		
<b>Жертвы науки</b>			
ЗМЕИ, ЭКСТРЕМАЛЫ ПИТАНИЯ. С.Ястребова.....	32		
<b>Живые лаборатории</b>			
ОНИ ВЕРТЯТСЯ. Н.Л.Резник .....	34		
<b>Дневник наблюдений</b>			
ЯЩЕРИЦА НА РАСПУТЬЕ. Н.Анина.....	37		
<b>Мемуары Игнобея</b>			
МИЛЛИОН В МУСОРНОЙ КОРЗИНЕ. С.М.Комаров .....	38		
<b>Нанофантастика</b>			
ПРИКЛАДНАЯ ЭТИКА. Сергей Звонарев.....	41		
<b>Мысли о будущем</b>			
ВОЗВРАЩЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ. Виктор Вагнер .....	42		
<b>Фотоинформация</b>			
ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ БЕЛОКАМЕННОЙ. Дмитрий Степанов.....	44		
<b>Архив</b>			
РАССУЖДЕНИЯ КАПИТАЛИСТА. Ю.П.Гужон.....	46		
<b>Страницы истории</b>			
TERRA DEL FUEGO. Н.В.Вехов .....	48		
<b>Что мы съедим</b>			
КРЫЛАТЫЕ БОБЫ. Н.Ручкина. ....	54		
<b>Фантастика</b>			
БАГРЕЦ И ЗОЛОТО. Лариса Львова.....	56		
<b>Химики и лирики</b>			
ЦВЕТОЧНЫЕ ВОЙНЫ. Владимир Борисов, Александр Лукашин.....	64		
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	11	КНИГИ	29
ИНФОРМАЦИЯ	10	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
		ПИШУТ, ЧТО...	62

# Квантовые манипуляции на физфаке МГУ

Одна из передовых лабораторий, сотрудники которой пытаются сделать так, чтобы особенные свойства квантовых объектов можно было применить в обыденной жизни, находится на физическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова. Здесь занимаются применением квантовой криптографии для обеспечения защищенной от прослушивания связи и созданием квантового компьютера. На экскурсии в этой лаборатории побывал наш корреспондент, кандидат физико-математических наук С.М.Комаров.

Манипуляция (от латинского *manipulus* — пригоршня, горсть, *manus* — рука) — действие рукой или руками при выполнении какой-либо сложной работы. Большой энциклопедический словарь

## Проблема снаряда и брони

«Квантовый компьютер и квантовая криптография неразрывно связаны друг с другом: как только появится первый, многие системы передачи закодированной информации окажутся под угрозой. Один из надежных и относительно дешевых способов ей противостоять — создание системы квантовой криптографии, в которой невозможно незаметно вскрыть ключ шифрования. Полноценного квантового компьютера еще нет, а системы квантового шифро-

*Рабочий стол для проведения экспериментов по квантовой криптографии*

вания уже созданы, и наша лаборатория находится на лидирующих позициях в мире», — рассказывает профессор С.П.Кулик.

Идея создать невскрываемый шифр, используя квантовые свойства света, появилась в 70-х годах XX века, но тогда она казалась фантастической. Однако по мере развития лазерной техники и появления систем оптоволоконной связи выяснилось, что выполнить подобное шифрование информации вполне возможно.

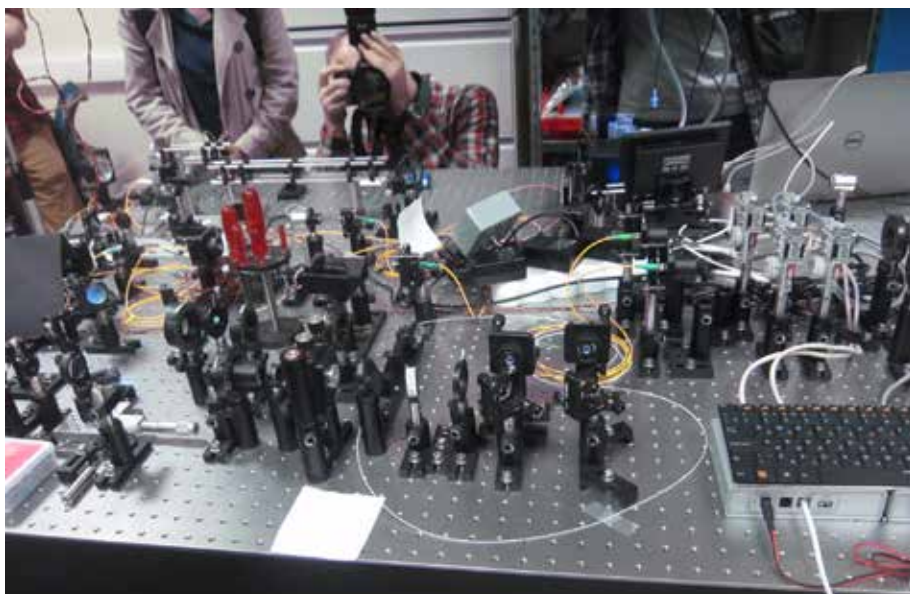
В основе идеи лежит такая особенность квантовых объектов, как невозможность измерить их имеющееся состояние: сам процесс измерения это состояние необратимо изменит, можно зафиксировать только результат изменения. Поэтому любое «прикосновение» к квантовому объекту неспособно остаться незамеченным. Отсюда следует принцип работы системы идеального шифрования: она должна создавать квантовые объекты

в известном состоянии, например генерировать кванты света с определенным направлением вектора поляризации, а затем анализировать, не изменилось ли это состояние в процессе передачи. Конечно, такой анализ неизбежно изменит квантовое состояние, однако это будет закономерное изменение, которое известно создателям системы связи. Поэтому они смогут догадаться, каким было состояние до измерения. Но если по дороге злоумышленник «потрогает» пролетающий мимо него фотон, состояние будет изменено неконтролируемым образом и на другом конце это заметят. А заметив — примут меры: допустим, прекратят трансляцию. С помощью разработанных квантовыми криптографами алгоритмов можно определить и то, сколько информации злоумышленник успел получить, пока не сработали системы безопасности.

Такие сложности нужны для того, чтобы безопасно передать ключ к шифру от одного клиента другому. А затем они станут обмениваться зашифрованной такими ключами информацией между собой. Получается, что их должны соединять две линии связи: одна для передачи постоянно меняющихся ключей, а другая для передачи собственно информации. При создании ключей можно использовать такое замечательное явление, как квантовая телепортация. Для этого, например, с помощью лазера, который удваивает частоты попадающего в него излучения, создают из одного фотона два. Рождаясь одновременно, они находятся в так называемом запутанном состоянии: изменение состояния одного ведет к мгновенному изменению состояния второго. Тогда оба клиента, которым центральный сервер отправил по такому фотону, смогут самостоятельно, то есть уже без участия сервера, генерировать ключи шифрования для обмена информацией.

## Телефон для декана

Созданию квантовых состояний и их контролируемому измерению и посвящена работа квантовых криптографов из лаборатории Кулика. «Наша лабора-





*Профессор С.П.Кулик объясняет технологию обмена данными в квантовой системе связи*

тория находится на передовых рубежах в мире. Причина в том, что именно в Московском университете давно существует научная школа в области квантовых вычислений и методов обработки информации. Например, профессор Давид Николаевич Кышко — один из основателей мировой школы квантовой оптики — университетский исследователь. Благодаря этой школе мы можем поддерживать высокий уровень как теоретических разработок, так и воплощения интересных идей», — отмечает профессор Кулик.

И действительно, в октябре 2016 года университетские физики протестировали возможность создания междугороднего квантового канала связи на базе имеющейся оптоволоконной линии компании «Ростелеком». Информацией, зашифрованной квантовыми ключами, обменивались абоненты, которые находились в Ногинске и Павловском Посаде. После того как оператор настроил системы, передача информации проходила в автоматическом режиме. Ключи распределялись между центральным сервером и несколькими клиентскими узлами: последовательно получаемые на различных узлах ключи специальным образом синхронизируются, что дает возможность всем абонентам напрямую обмениваться зашифрованными сообщениями. При этом серверная станция позволяет поддерживать связь 32-м абонентам.

Это значит, что на уже существующем оборудовании и без прокладки дополнительных кабелей можно создавать

локальные сети обмена полностью защищенной информацией. Именно такую сеть для телефонных разговоров сейчас монтируют в МГУ. Сначала она свяжет кабинеты ректора и декана физфака, затем к ней будут присоединены другие деканаты, в том числе и те, что расположены в старом здании университета на Моховой улице. В этой сети основной сигнал идет по обычной телефонной линии, а шифр к нему передается по параллельной оптической. Абонентские же аппараты станут оцифровывать и зашифровывать речь абонентов. Такая сеть послужит прекрасным демонстрационным образцом.

Вообще-то попытки организовать оптические системы для связи объектов в различных университетских городках предпринимались не раз и безотносительно задач квантовой криптографии: при этом отпадает необходимость прокладки подземных кабелей, достаточно поставить лазеры и приемники на высоких зданиях городка. Однако тут есть ограничения: туман и осадки, рассеивающие луч лазера, способны нарушить работу системы. Наиболее перспективное использование такой технологии — выход в космос, где квантовый сигнал может без изменений преодолевать тысячи километров. В случае успеха может быть построен общепланетный квантовый Интернет, который объединит через космос локальные узлы, обслуживающие абонентов в радиусе десятков километров.

### **Модель в ловушке**

Параллельно с системой квантовой криптографии на физфаке разраба-



## **РЕПОРТАЖ**

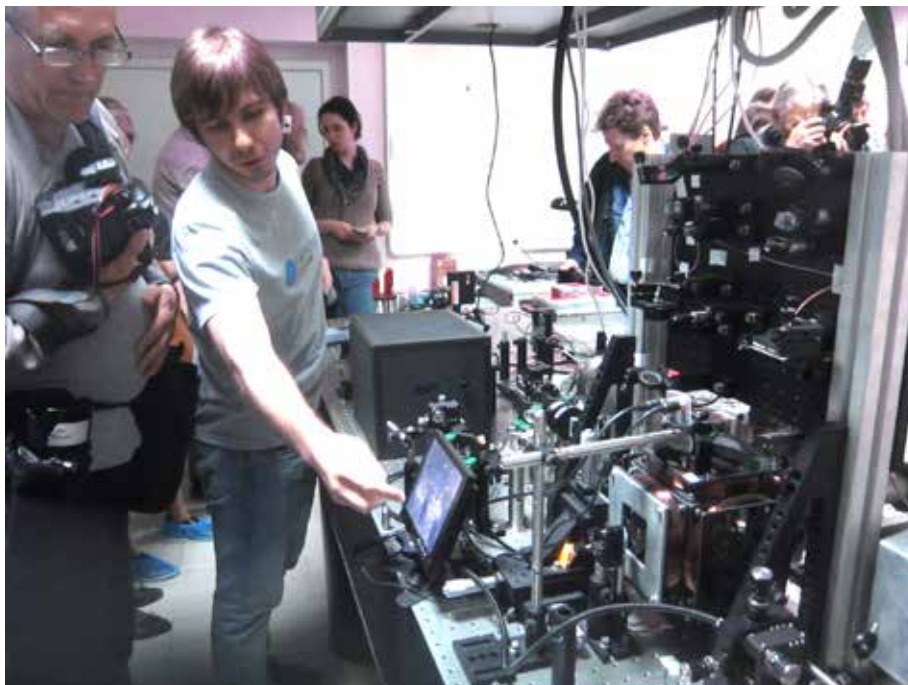
тывают и квантовый компьютер — тот самый, с появлением которого многие неклассические системы шифрования потеряют смысл. Для этого устройства написаны алгоритмы, создан язык программирования, и с математической точки зрения специалистам совершенно понятно, как надо действовать. Дело за малым: создать квантовую систему, у которой можно будет закономерным образом создавать и менять квантовые состояния. Здесь есть несколько подходов, и оптимальный пока что не найден. Университетские исследователи надеются сделать компьютер на одиночных сверххолодных атомах, содержащихся в электромагнитных ловушках, однако до создания реального устройства пока еще далеко. Удерживать единичные ионы и электроны в электромагнитных ловушках, а сверххолодные атомы в оптической пачке (см. «Химию и жизнь», 2001, № 10) научились уже давно, и некоторые из причастных к созданию методов даже получили свои Нобелевские премии (а другие, например В.С.Летохов из Института спектроскопии РАН, нет). Однако для работы квантового компьютера нужно уметь вводить несколько пойманных в ловушки атомов в связанные квантовые состояния, а потом измерять общее состояние системы. С этим не все получается гладко.

«Пока что никто не сумел показать, что имеющийся у него массив кубитов работает как квантовый компьютер, то есть позволяет реализовывать тестовое вычисление — разложение на сомножители большого числа — выполнять так называемый алгоритм Шора. А вот другой тип подобных устройств, квантовые симуляторы, уже существует. Создаваемый нами квантовый симулятор на базе отдельных атомов будет аналоговым, то есть он работает как аналог реальной квантово-механической системы. С таким аналогом можно будет выполнять манипуляции, невозможные с реальной системой, и на основании этого судить о ее поведении. Например, такой системой может быть молекула. Задав каждому из нескольких кубитов

симулятора определенное квантовое состояние, мы сможем узнать квантовое состояние молекулы, построенной из такого же количества атомов. Даже такой несовершенный квантовый компьютер уже может быть использован в химии, например для разработки новых молекул с определенными, в том числе целебными свойствами», — говорит профессор Кулик.

Квантовые симуляторы представляют интерес при условии, что проводимое на них моделирование реальных квантовых систем быстрее и точнее, чем на цифровых компьютерах. А время расчета зависит от числа элементов в моделируемой системе. Теоретически уже расчет молекулы из полусотни атомов требует значительных затрат времени мощного компьютера, квантовый же симулятор мог бы сделать это практически мгновенно. Однако для этого он должен состоять из полусотни кубитов. Пока работающих симуляторов такого размера не создано. Максимум, которого достигли исследователи на наиболее распространенных симуляторах с кубитами атомов, ионов или сверхпроводящих токов, — это девять кубитов. Для отлаживания методов работы с квантовыми устройствами это подходит, а для того, чтобы составить конкуренцию цифровым моделям, — пока еще нет.

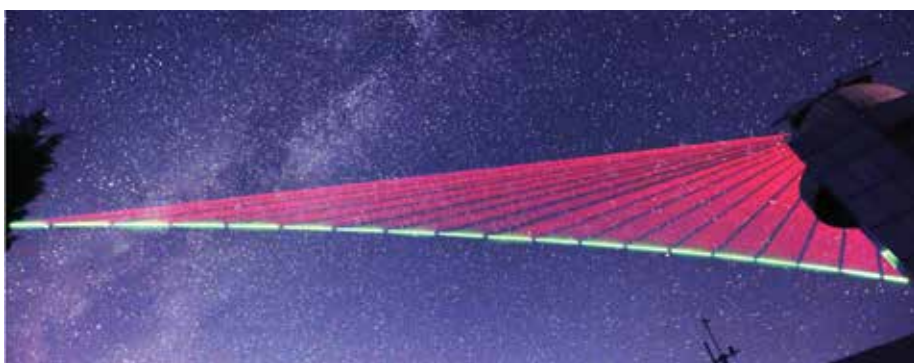
Проблема даже не только в том, чтобы собрать в одном месте десятки и сотни квантовых объектов. Чем больше кубитов, тем труднее осуществить адресацию — дать каждому требуемое состояние и сохранить эти состояния до



*В ловушке, на которую указывает сотрудник лаборатории, находится атом, способный стать кубитом квантового компьютера или симулятора*

тех пор, пока не будут сняты результаты моделирования. Исследователи полагают, что такие ограничения размера искусственной квантовой системы не носят принципиального характера и, стало быть, увеличению числа кубитов в симуляторе ничто не препятствует, кроме несовершенства техники работы с кубитами. А это, как подсказывает история развития технической цивилизации, дело наживное. В самом деле, могли бы создатели квантовой механики век назад предполагать, что

эта идея, которая многим казалась игрой ума, удобным математическим формализмом для объяснения экспериментальных данных, способна найти материальное воплощение? Однако квантовые объекты теперь можно не только целенаправленно создать, но и потрогать — например, с помощью лазерного импульса, определив таким образом квантовое состояние, которое объект примет под влиянием измерения. Не будет ничего невероятного в том, что завтра свойствами подобных объектов человек начнет пользоваться для решения вполне утилитарных задач.



# Телепортация: с Земли в космос и обратно

Кандидат физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

## Все запутано

Эффект квантовой телепортации впервые был экспериментально подтвержден в конце прошлого-начале нынешнего века. Кстати, автором одной из этих пионерских работ были исследователи,



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

ныне занимающиеся этой тематикой в МГУ им. М.В. Ломоносова. Впоследствии такие эксперименты многократно повторялись с целью улучшить качество телепортируемого состояния. В том числе были проведены эксперименты с массивными объектами -- ионами. Что же касается использования этого эффекта для систем связи, то одну из первых работ с обсуждением этой идеи Ричард Беннет из компании IBM, Жиль Брассар, Клод Крепо из Монреальского университета и их коллеги из других организаций опубликовали в «Physical Review Letters» в 1993 году. Примерно тогда же появились участники этой связи — Алиса с Бобом, то есть передатчик

и приемник информации, Чарли — посредник в передаче, Анна — злоумышленник, желающий вскрыть систему связи, и другие; с тех пор эти условные имена кочуют из одной научной статьи в другую. Задача же была поставлена так. Предположим, у Алисы есть квантовый объект в неизвестном состоянии. Может ли Боб получить от нее достаточно информации, чтобы воспроизвести это квантовое состояние? Сложность тут такая: любое измерение уничтожает квантовое состояние и оставляет одно лишь классическое. Пользуясь известной аналогией с котом Шрёдингера, который ни жив ни мертв, пока его не наблюдают, — после измерения квантовый объект окажется либо тем, либо этим. Соответственно и Боб, будучи классическим объектом, может иметь дело либо с живым котом, либо с мертвым, а вот так, чтобы ни то ни другое, да еще с теми же вероятностями каждого из этих состояний, что и у кота, принадлежащего Алисе, — у него не получится. На языке математической физики это означает, что до измерения объект был с какими-то вероятностями сразу во всех возможных классических состояниях, а после измерения все вероятности, кроме одной, обнулились.

Казалось бы, коль скоро измерение уничтожает квантовое состояние, положение Боба безнадежно. Однако Беннет с коллегами нашли выход. Пусть у Боба имеется на руках квантовый объект, который неразрывно связан с квантовым объектом Алисы. Такое возможно — если две частицы родились одновременно в одном месте, то их квантовые свойства оказываются запутанными, и удивительным образом они никогда не могут забыть о своем происхождении: если измерить состояние одной частицы, то сразу станет известно и состояние другой. Это явление квантовой запутанности, по мнению Эрвина Шрёдингера, составляет самую суть квантовой механики.

Проявляется запутанность, например, так. Представим себе, что частица со спином 0 распадается и порождает две частицы со спинами  $\frac{1}{2}$ . Согласно законам сохранения, их спины должны лежать в противоположных направлениях, чтобы в сумме дать исходный ноль. Теперь измерим проекцию спина одной из частиц на любое направление в пространстве. У второй частицы в результате спин окажется повернутым в противоположном направлении, и никак иначе: сделать их направленными в одну сторону невозможно. И такая запутанность существует на всех масштабах Вселенной, как во времени, так и в пространстве. По сути, в ней нет ни одной частицы в незапутанном состоянии. Более того, нужно очень поста-

раться, чтобы создать пару квантовых частиц, которые бы не были спутаны друг с другом.

Как же мы можем считать частицы Вселенной независимыми, если каждая частица запутана с бесчисленным множеством других частиц? Возможно, дело в том, что такая запутанность всех частиц со всеми усредняется, и этим средним фоном, коль скоро он для всех частиц Вселенной одинаков, можно пренебречь при рассмотрении какого-то единичного явления, когда новая запутанность создана руками экспериментатора. Есть мнение, что запутанность время от времени исчезает, потому что происходит классическое «измерение» свойств частицы, что заставляет ее выбрать одно-единственное из всего множества классических состояний, присутствующих в квантовом состоянии, причем запутанность успешно разрушается.

### Связь по двум каналам

Используя свойство квантовой запутанности, проблему Боба удастся решить так. Предположим, у Алисы оказались два запутанных фотона. Поляризации этих фотонов должны быть взаимно ортогональны, но в каком именно направлении они поляризованы — неизвестно. Один из этих фотонов Алиса отправляет Бобу, и у них оказывается по одной частице, состояния которых запутаны между собой. Алиса берет третью частицу — ее-то состояние Боб должен воспроизвести — и создает общее состояние из этой частицы и своей. Например, это можно сделать одновременным измерением их поляризаций. Соответственно, с учетом частицы Боба, у них получилось состояние из трех частиц — двух, находящихся в прямом взаимодействии, и третьей, запутанной с исходной. Теперь Алиса измеряет совместное направление поляризации своих двух частиц. Тем самым она разрушает и квантовое состояние той частицы, что нужно телепортировать, но частица Боба сохраняет то состояние, которое она приобрела в результате предыдущих манипуляций Алисы. То есть Алиса уничтожила частицы в результате измерения, но из-за свойства запутанности измеренное квантовое состояние оказывается телепортировано Бобу. Алисе остается только по другому каналу связи передать Бобу информацию о том, какова совместная поляризация ее частиц. После этого Боб узнает, каким образом ему нужно повернуть поляризацию своего фотона, чтобы получить полную копию состояния той третьей частицы, с которой манипулировала Алиса. Очень важно, что исходное квантовое состояние уже



### ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

разрушено измерениями — ведь, согласно законам квантовой механики, клонировать квантовое состояние, то есть создать точно такую же частицу, невозможно. Невозможно и вмешательство Анны — перехватив частицу, предназначенную Бобу, она проведет ее измерение, и у Боба окажется объект с разрушенным квантовым состоянием — такой объект работать не будет. А если Анна измерений не проведет, то она и не узнает нужную ей информацию.

Наличие двух каналов передачи информации, квантового и классического, снимает многие теоретические ограничения. Например, квантовое состояние фотона Боба меняется сразу же, как только Алиса привела во взаимодействие имеющиеся у нее два фотона. Но узнать об этом он может, лишь получив от Алисы классические инструкции. Значит, не нарушается закон, запрещающий взаимодействие со сверхсветовыми скоростями, ведь Боб узнает об этом, лишь получив классический сигнал по другому каналу. Решается и проблема машины времени. Дело в том, что Боб, действуя в будущем, неизбежно изменяет состояние фотона у Алисы в настоящем. Этот парадоксальный вывод разбирали многие исследователи, например Роджер Пенроуз — знаменитый изобретатель мозаики Пенроуза, автор многих открытий в математике, физике черных дыр и прочем («Philosophical Transactions A», 1998, 356, 1927-1939; doi: 10.1098/rsta.1998.0256). Кстати, предыдущие рассуждения о всеобщей запутанности взяты из этой статьи.

Чтобы выпутаться из петли времени, приходится опять прибегать к оговорке: Алиса-то узнает про действия Боба уже после того, как Боб ей об этом сообщит, и, стало быть, причинно-следственная связь классического мира нарушена не будет.

Интересно, что это обращение квантовой телепортации во времени уже было использовано на практике, например когда канадские специалисты попробовали создать линию квантовой связи на базе Университета Калгари (arXiv:1605.08814v1 [quant-ph] 27 May 2016). В 2016 году они поставили сле-

дующий опыт. В центре Калгари, в зале Городского совета, находился Чарли. Он получал от Алисы, расположившейся в 2,2 км от него в пригороде, фотоны в неизвестном состоянии, а от Боба, находившегося в университете на расстоянии 11,1 км, — один из спутанных фотонов. Второй же оставался у Боба. Боб знал, в каком состоянии фотоны, которые делает Алиса, и проводил со своим фотоном известные преобразования, чтобы выяснить его состояние, причем раньше, нежели Чарли проводил измерения смешанного состояния фотонов, доставшихся ему от Боба и Алисы. Свои результаты Боб сообщал Чарли, и тот восстанавливал квантовое состояние фотонов Алисы.

Вся эта процедура была направлена на то, чтобы создать усилитель квантового сигнала. Ведь фотон не может долго путешествовать по оптическому волокну — в конце концов произойдет классическая процедура «измерения» и запутанность разрушится. Канадские физики придумали хитрость: один из запутанных фотонов Боба имел частоту в два раза больше, чем второй. Именно его и отправляли Чарли, потому что такая частота попадает в окно прозрачности оптического кабеля. Собственно, именно за счет этой хитрости и удалось осуществить телепортацию на 11 с лишним км, а если бы частота была меньше, то все пропало бы уже на восьмом километре.

## Телепортация телескопом

Для расстояний в сотни километров оптическое волокно не подходит. Дело в том, что, согласно теории, квантовый сигнал, в отличие от классического, невозможно усилить, не внося в него никаких ошибок; ошибки накапливаются, и в результате нет никакой возможности передать квантовую информацию по оптическому кабелю далее, чем на несколько сотен километров. Да и роль Чарли в канадском опыте очень уж похожа на роль Анны — злоумышленницы, которая читает квантовое состояние, а потом передает его Бобу. Чтобы не использовать усилители, надо пытаться применить для передачи фотона среду, которая меньше рассеивает свет, чем оптическое волокно. Такой средой может быть воздух, желательнее чистый, без пыли и тумана. Мощный лазер способен отправить сигнал на сотни километров при условии, что приемник находится в прямой видимости. Вот как это сделали китайцы из шанхайского Университета науки и технологии в 2013 году (arXiv:1205.2024v2 [quant-ph] 28 Jan 2013). Алиса и Чарли находились на одном берегу высокогорного озера Кукунор (3200 м над уровнем моря), а

на другом, на расстоянии 97 км, расположился Боб. Чарли готовил фотоны в запутанном состоянии и рассылал их Алисе и Бобу. Алиса создавала общее состояние полученного фотона с тем, который генерировала сама. В этот же момент фотон Боба проецировался на четыре квантовых состояния, которые определялись манипуляциями Алисы. После измерения поляризации Алиса посылала сообщение Бобу о своих результатах, а тот вращал соответствующим образом поляризацию своего фотона, чтобы восстановить состояние фотона, созданного Алисой. Чтобы поймать фотон от Чарли, Бобу пришлось обзавестись телескопом с зеркалом диаметром 400 мм.

## Дело техники

В упомянутой статье исследователей из Шанхая приведены подробности действий всех трех участников квантовой связи, что нечасто бывает в статьях такого рода. Воспользуемся случаем, чтобы показать, как именно осуществляются все эти манипуляции.

Чарли с помощью лазера получает инфракрасный фотон с частотой 788 нм и отправляет его в кристалл литий-бариевого оксида. Тот увеличивает частоту и получает ультрафиолетовый фотон: его пропускают сквозь две линзы и направляют в кристалл брата бария. Брат бария — очень интересное вещество. Большинство фотонов проходит сквозь него, не претерпев никаких изменений, но

часть их может распасться на два фотона уменьшенной частоты; соответствующий эффект, получивший название «спонтанное параметрическое рассеяние света» (spontaneous parametric down-conversion) в 1967 году открыл Д.Н.Клышко, сотрудник МГУ им. М.В.Ломоносова. Это и будут запутанные фотоны, поскольку их поляризация взаимно ортогональна. В кристалле борида бария фотоны с горизонтальной поляризацией идут с другой скоростью, нежели фотоны с вертикальной. Поэтому, распавшись, они не смогут воссоединиться в исходный высокочастотный фотон. Далее стоит интерферометр. Он, оставляя разницу в поляризациях, убирает разницу во времени — она появилась между фотонами из-за того, что они шли по кристаллу с разной скоростью. Теперь фотон номер два отправляется Алисе, а фотон номер три по оптическому волокну идет на телескоп Чарли для отправки Бобу.

А где же фотон номер один? Это тот самый фотон, состояние которого нужно телепортировать. Вот как его создает Алиса. Она формирует ультрафиолетовый фотон, отправляет его в свой кристалл борида бария и получает два спутанных фотона низкой частоты. Эти фотоны разделяет так называемый расщепитель поляризованных пучков — две призмы, сквозь которые фотоны одной поляризации проходят прямо, а другой — поворачивают в перпендикулярном направлении. Один из фотонов, названный фотоном 1, с помощью другого разделителя пучков смешивается с фотоном 2, полученным от Чарли. Другой же фотон созданной Алисой пары отправляется на измерение поляризации. В это время Боб получает

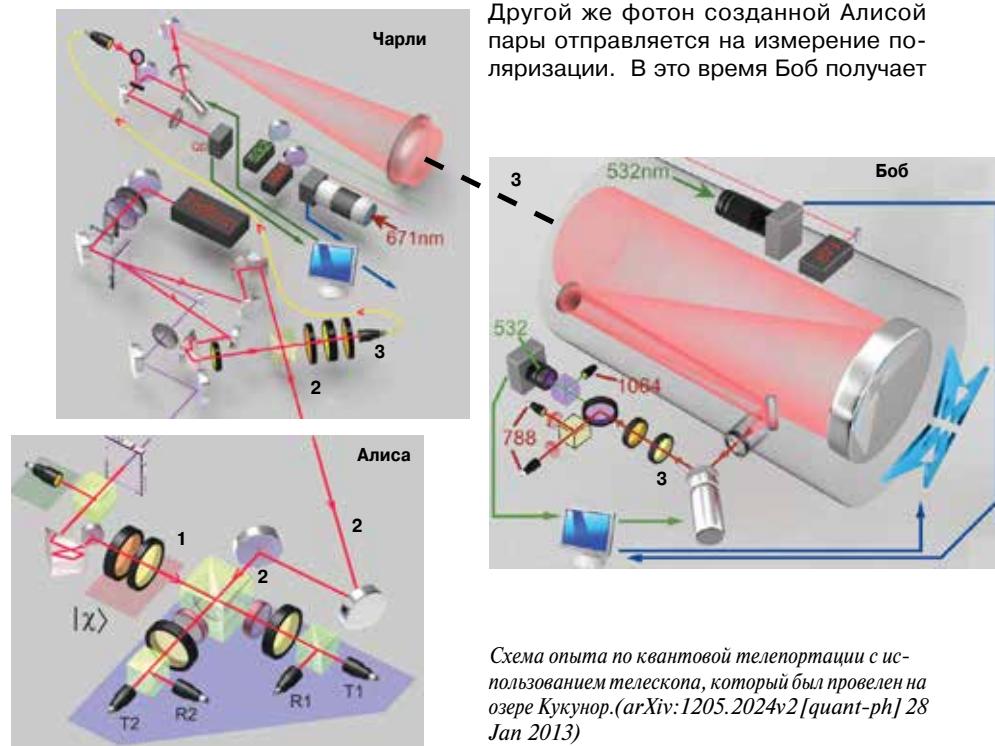


Схема опыта по квантовой телепортации с использованием телескопа, который был проведен на озере Кукунор. (arXiv:1205.2024v2 [quant-ph] 28 Jan 2013)

от Чарли в свой телескоп-рефлектор фотон номер три и анализирует его поляризацию, базируясь на переданных Алисой результатах измерений.

К системе прилагается еще несколько лазеров — они помогают синхронизировать манипуляции участников и поддерживают взаимную ориентацию телескопов Чарли и Боба для уменьшения потерь квантовых фотонов.

## Выход в космос

В операциях шанхайских физиков не случайно появились телескопы: опыт на озере Кукунор был подготовительным этапом к проведенному весной 2017 года эксперименту по организации квантовой связи через космос. Сто километров — это как раз толщина более-менее плотных слоев атмосферы, далее уже начинается настолько разреженная среда, что ее можно считать безвоздушным пространством. В нем световой сигнал может лететь на бесчисленные миллионы световых лет, хоть до дальних звезд Вселенной. Для практического же использования световой сигнал нужно переправить на спутник, который затем отправит его на другой спутник, осуществив квантовую связь вокруг земного шара. Для этого нужно передать фотон от наземного телескопа космическому телескопу-приемнику и обратно. С обеими задачами физики из Шанхая с коллегами из Урумчи и Пекина успешно справились, о чем и поведали миру летом 2017 года в двух статьях, посвященных передаче квантовых состояний со спутника на Землю (arXiv:1707.00542v1 [quant-ph], 3 Jul 2017) и с Земли на спутник (arXiv:1707.00934v1 [quant-ph], 4 Jul 2017).

Для проведения опыта построили спутник, названный «Мо-цзы» в честь древнекитайского философа, учение которого долго соперничало с конфуцианством. Его успешно вывели на орбиту 16 августа 2016 года с удалением от поверхности Земли на 500 км. Главная проблема квантовой связи состоит в том, что нет возможности усиливать сигнал, как в обычных системах спутниковой связи: улучшать ее качество можно лишь подавлением шумов и совершенствованием настроек. В частности, большое значение имеет качество зеркал телескопов. На спутнике использовали телескоп с диаметром зеркала 300 мм; посланный им на Землю световой пучок расходился по диаметру на 10 м, что было признано приемлемым. На Земле сигнал ловили в обсерватории Синлун, расположенной недалеко от Пекина, где был задействован телескоп с зеркалом метрового диаметра и фокусным

расстоянием 10 м. Поскольку спутник движется с огромной скоростью — 7,6 км/с, была создана многоуровневая система определения взаимных координат обоих телескопов. Прежде всего наземный телескоп ориентировался исходя из расчетной траектории спутника, а при точной настройке использовали обмен лазерными лучами (фотография на заставке к статье как раз и построена наложением изображений лучей от спутника и обсерватории при проведении сеанса связи). Для их приема сделали легкие зеркала с быстро движущимися приводами. Движение спутника вносило коррективы и в расшифровку квантовой информации, поскольку в зависимости от взаимного положения спутника и наземной станции направление поляризации фотона относительно системы координат спутника менялось с точностью до перпендикулярного. Это нужно было учитывать при расчетах.

В опыте «спутник — Земля» квантовой телепортации не было. Вместо этого лучи восьми лазеров поляризовали определенным образом и проверяли, удастся ли поймать эти фотоны на Земле и определить их поляризацию. Ожидается, при увеличении расстояния между обсерваторией и спутником качество связи падало — причиной были расхождение светового луча и ошибки в определении ориентации. На кратчайшем расстоянии 508 км, когда спутник находился в зените, удавалось правильно передать 40 кбит в секунду, а при увеличении расстояния до 1034 км — только 1,4 кбита. Так или иначе, это несравнимо больше, чем передача поляризованных фотонов по оптическому кабелю длиной 1200 км: опыт показал, что там без использования усилителей удастся передать лишь один бит в несколько миллионов лет.

В следующем опыте проводили квантовую телепортацию с Земли на спутник. Главная проблема состоит в том, что турбулентность в приземном слое атмосферы толщиной около 10 км способствует сильной расходимости пучка света, которому нужно потом преодолеть около 1000 км до спутника, то есть он станет еще шире. При обратной задаче этой проблемы нет, ведь лучу, идущему со спутника через эту часть атмосферы, остается совсем небольшой путь до зеркала наземного телескопа. Для уменьшения связанных с прозрачностью атмосферы ошибок была выбрана тибетская высокогорная обсерватория Нгари с 130-миллиметровым телескопом. А дальше все было как обычно: Алиса готовила спутанные фотоны, отправляла один из них Бобу на спутник, а с помощью второго выявляла квантовое состояние того фото-



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

на, информацию о котором надо было передать партнеру. Боб на спутнике получал фотон и изучал его поляризацию. Этот опыт подтвердил, что человек умеет справляться с такими задачами: космическая квантовая телепортация проходила ничуть не с худшим качеством, чем наземная.

По мнению китайских физиков, создаваемая ими система дальней квантовой связи будет работать примерно так. Получив квантовый ключ из обсерватории под Пекином, спутник сохранит его в своей квантовой памяти на два часа, за которые войдет в поле зрения обсерватории в Урумчи, куда и отправит ключ, установив квантовую связь Пекин — Урумчи, расстояние между которыми 2500 км. Пролетая дальше, он позволит продлить обмен ключами до территории Австрии, Италии, ФРГ.

Но это полумеры. На самом деле нужно создавать специальную спутниковую группировку на высоких орбитах, оснащать спутники и наземные пункты прецизионными зеркалами и системами ориентации. Эта спутниковая группировка составит единое целое с городскими системами квантовой связи, которые обеспечат обмен квантовой информацией по оптическим кабелям на расстояния порядка сотни километров. Так будет создан планетарный квантовый Интернет; он послужит не только для организации неуязвимых для взломщиков каналов связи, но и для синхронизации различных измерений в планетарном масштабе. Кроме того, по мере развития долговременной квантовой памяти (а прогресс в этой области стремительный) и отладки методики для телепортации логических операций — основы компьютерных вычислений — такая система может стать распределенным планетарным квантовым мозгом, который будет способен проводить беспрецедентные по масштабу работы.



# Редактирование человека: природа подскажет

Е.Клещенко

Хочется сенсаций. Чтобы уже родился наконец здоровенький человеческий ребенок, опасная мутация в геноме которого была исправлена с помощью «молекулярных ножниц» CRISPR-Cas9, чтобы все человечество следило за его или ее успехами... Однако спешить в этом деле нельзя: цена неудачи слишком высока. Так что пока обойдемся очередным репортажем о повышении эффективности метода.

Доминантными называют те мутации, которые «пересиливают» здоровый аллель: гетерозиготный организм, имеющий одну копию гена с мутацией и одну нормальную, продемонстрирует признаки мутации. В случае гена заболевания — будет больным. Таковы, например, мутации в человеческом гене *MYBPC3*. Этот ген кодирует белок, который регулирует сокращения и расслабления сердечной мышцы, носители мутации страдают гипертрофической кардиомиопатией. Болезнь проявляется сердечной недостаточностью, болью в груди, нарушениями сердечного ритма. Она встречается у одного из 500 человек; это самая распространенная

причина внезапной смерти молодых и в остальном здоровых спортсменов. Мутации в *MYBPC3* отвечают за 40% случаев гипертрофической кардиомиопатии, а также вносят вклад в развитие других сердечных заболеваний.

Симптомы болезни обычно появляются у взрослых людей, когда носитель гена уже успевает ее передать своим детям. Конечно, сейчас человек с такой болезнью в семейной истории, чтобы зачать здорового ребенка, может зачать в клинике ЭКО и отбор эмбрионов. Если пациент гетерозиготен, вредную мутацию несут лишь 50% его половых клеток, другие 50% не хуже, чем у здоровых, то же соотношение будет у

эмбрионов, если партнер здоров. Носители же двух мутантных копий гена *MYBPC3* по очевидной причине встречаются редко.

Однако ЭКО не такая простая операция, как кажется тем, кто сам не пробовал. Для увеличения шанса на успех очень важно иметь больше жизнеспособных зародышей без мутаций. Но коль скоро оплодотворенные яйцеклетки все равно в руках у врачей, — может, исправить опечатки в ДНК, сделав пригодными для имплантации 100% эмбрионов, и закончить семейную историю болезни на радостной ноте — «и больше у них в роду нет наследственных кардиомиопатий, и будут жить они долго и счастливо»?

Теоретически это возможно, а практически метод CRISPR-Cas9 пока недостаточно хорош (см. «Химию и жизнь», 2015, 6; 2016, 12). Он исправляет не все ошибки, иногда вносит исправления куда не надо. Вдобавок оплодотворенная яйцеклетка делится, то есть копирует свою ДНК, и одни копии оказываются исправленными, другие — нет. Получается мозаичный эмбрион — его клетки неодинаковы, одни с мутацией в геноме, другие без, и это плохой прогноз для будущего человека. И как мы узнаем, мозаичен данный эмбрион или нет? Можно взять отдельную клетку (эмбриону это не повредит), прочесть ее геном или интересующий нас участок, но, если ген окажется без мутации, это ничего не скажет нам об остальных клетках зародыша.

Поэтому метод редактирования генома не устроит врачей, пока на него нельзя положиться. Только железобетонная, многократно доказанная стопроцентная или очень близкая к стопроцентной эффективность! Новый подход, предложенный международной группой ученых («Nature», 2017, doi:10.1038/nature23305), ста процентов не обещает, но дает надежду.

После наших первых публикаций о прорывном методе под названием «крипсер» среди читательских вопросов был такой: «Хорошо, вы объяснили про умные ножницы, разрезающие ДНК в строго определенном месте, но

ведь разрез надо еще склеить, иначе ДНК останется порванной!» Вопрос в точку. Хотя об этом мы тоже писали, но вскользь, и сейчас повторим, потому что это важно.

Для того чтобы сделать разрез в определенном месте ДНК, необходимы эндонуклеаза Cas9 и одонитивная РНК-гид — single guide RNA, snRNA. Одонитивная РНК-гид связана с Cas9 и содержит участок, комплементарный интересующей нас последовательности: она направляет Cas9 в нужное место, и та разрезает ДНК. А склеивает разрез сама клетка, но делает это разными способами.

Система под названием «негомологичное соединение концов» (non-homologous end-joining, NHEJ) просто, как получится, заново сшивает разорванную ДНК. Целая ДНК лучше рваной, но коррекция ошибок тут не предусмотрена, наоборот, могут возникать дополнительные ошибки, причем не только потери участков, но и вставки. Если мы используем CRISPR-Cas9, то последующий ремонт ДНК с помощью NHEJ годится только для того, чтобы испортить определенный ген (что тоже полезно — например, в эксперименте).

Но есть другой путь — репарация по гомологичной последовательности (homology-directed repair, HDR). В этом случае умные белки достраивают разорванную молекулу ДНК по гомологичному участку ее неповрежденной копии. Такую копию — немутантную последовательность ДНК — можно ввести в клетку вместе с компонентами CRISPR-Cas9. Но вообще-то у клетки

есть своя хорошая копия. Ведь наш «пациент» — гетерозиготная клетка, и у нее только один аллель мутантный, а второй, нормальный, можно использовать как матрицу.

Иными словами, если направленно повредить мутантный аллель гена *MYBPC3* в гетерозиготном зародыше, дальше можно ничего не делать. Клетка тут же среагирует: «Эй, тут текст испорчен, где другая копия?» и сама исправит мутацию!

То есть это было бы так просто и красиво, если бы не все сказанное выше о низкой эффективности CRISPR-Cas9 и мозаицизме и если бы не вмешивался NHEJ. Чтобы от этой идеи был прок, клетка должна пользоваться только HDR, а CRISPR-Cas9 не должен оставлять неисправленные копии или делать разрезы где не надо.

Но цена ошибок неодинакова в половых и соматических клетках. Срок жизни клетки кожного эпителия ограничен, и не страшно, если мутация в ее ДНК затронет ген, который данной клетке никогда не понадобится (потому что это ген пищеварительного фермента). Совершенно другое дело — яйцеклетка: все ее гены не только будут необходимы организму, который из нее разовьется, но могут достаться и потомкам этого организма, так что наплеватьское отношение к починке ДНК неуместно. И в самом деле, катастрофического накопления мутаций не происходит, судя по тому, что мы — все еще мы. Что-то чинит ДНК в половых клетках, если она рвется, и делает это хорошо.

Авторы работы, опубликованной в «Nature», для начала решили сравнить эффективность репарации в соматических и половых клетках. Донором кожи, крови и спермы для эксперимента стал мужчина с кардиомиопатией, носящий имплантированный дефибриллятор и постоянно принимающий лекарства. Он оказался гетерозиготой по гену *MYBPC3*, причем мутантный вариант гена имел делецию — в нем не хватало четырех нуклеотидов GAGT.

Сначала из кожи донора получили фибробласты, из фибробластов — индуцированные плюрипотентные стволовые клетки, которые выращивали в культуре. Мутацию в их геномах попытались исправить с помощью CRISPR-Cas9: в клетки методом электропорации ввели плазмиду, кодирующую Cas9, РНК-гид и ДНК, гомологичную мутантному участку. (Чтобы можно было различить исправления, сделанные по ее матрице и по немутантному гену самой клетки, два нуклеотида в добавленной ДНК заменили на синонимичные, то есть не меняющие последовательность аминокислот в кодируемом белке.) Самый успешный вариант дал такой результат: из 61 клона



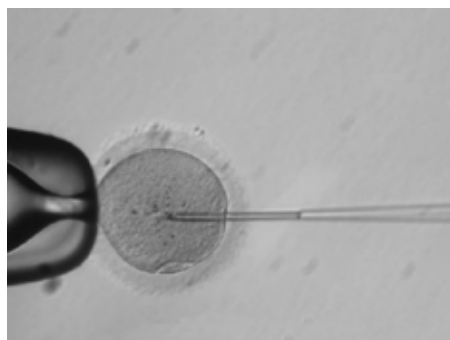
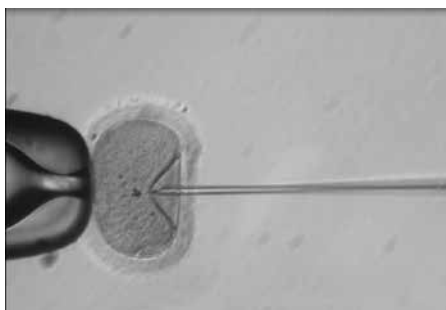
## НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

в 44 не произошло исправлений, а в 10 из 17 исправленных поработала NHEJ и навставляла ошибок, остальные семь были исправлены по добавленной гомологичной ДНК. В общем, не то чтобы фиаско, но и далеко не полный успех. Правда, аллель дикого типа нигде не был поврежден, что радует.

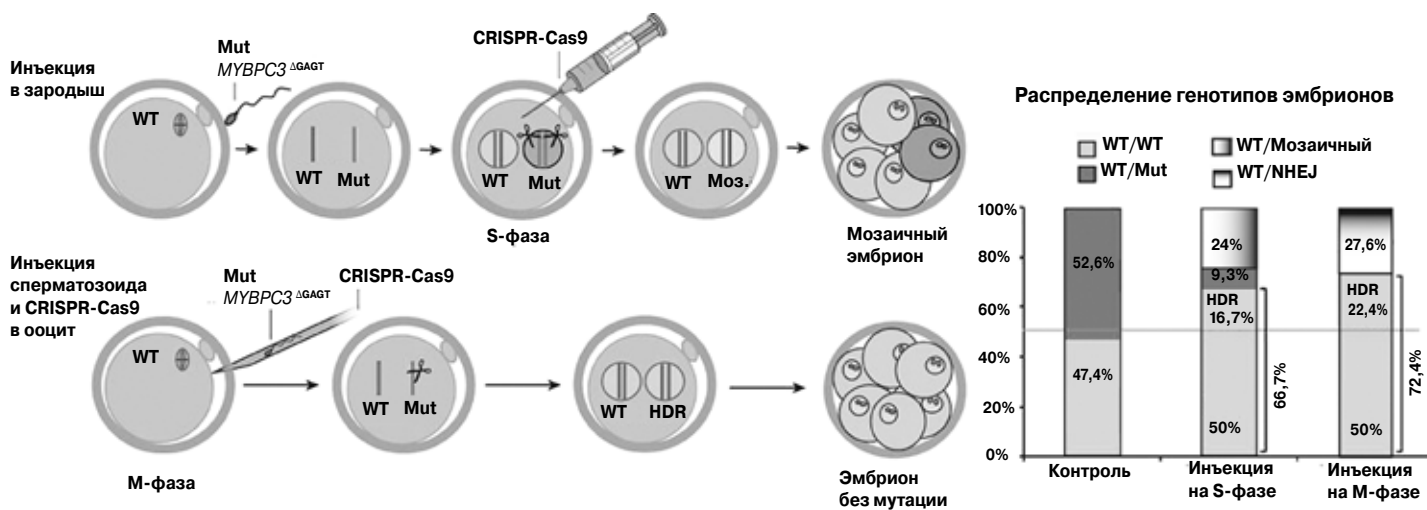
Другие опыты проводили с яйцеклетками здоровой женщины, оплодотворенными спермой донора. Через 18 часов после оплодотворения в них вводили не плазмиду с генами компонентов, а сами компоненты — Cas9, РНК-гид и ДНК, гомологичную мутантному участку. Затем выращивали в течение трех дней и разбирали на отдельные клетки-бластомеры, чтобы исследовать геном каждой. Борцы за права яйцеклеток могут дальше не читать, но другого способа разобраться с мозаичностью нет.

Введение редактирующей системы на выживаемость яйцеклеток не повлияло. Но если в контроле половина оплодотворенных яйцеклеток ожидаемо оказалась гетерозиготами по *MYBPC3*, а половина гомозиготами, то для яйцеклеток, получивших инъекцию CRISPR-Cas9, расклад изменился: 36 из 54 — гомозиготы по дикому типу без отклонений, 18 — гетерозиготы или мозаичные, часть клеток была исправлена, часть сохранила мутантный аллель. Отношение нормы к отклонению 2:1 вместо 1:1 — все-таки прогресс. Разумеется, половина эмбрионов была гомозиготной от природы, но добавление существенное, к тому же и в мозаичных эмбрионах преобладали исправленные клетки. Интересно, что в качестве матрицы во всех случаях использовался собственный немутантный аллель клетки.

Но исследователи на этом не остановились. Мозаицизма точно удастся избежать, если отредактировать мутантный отцовский ген, пока он существует в единственном экземпляре, то есть пока клетка не начала делиться. А значит, стоит попробовать ввести CRISPR-Cas9-систему как можно раньше — не через часы после оплодотворения, а одновременно с введением сперматозоида.



Инъекция сперматозоида и компонентов CRISPR-Cas9 в яйцеклетку



Редактирование генов с помощью системы CRISPR-Cas9 идет успешнее, если вводить ее в яйцеклетку одновременно со сперматозоидом. Очевидно, на более ранней стадии развития в клетке ДНК ремонтируется аккуратнее. WT — дикий тип (wild type), то есть немутантный аллель

Это и проделали с яйцеклетками в фазе MII — той самой, на которой она останавливается перед оплодотворением. Их также культивировали три дня, а затем разбирали на бластомеры. На этот раз из 58 эмбрионов 42 оказались полностью гомозиготными, без единой клетки, несущей мутацию, причем 41 был полностью отремонтирован по собственному немутантному аллелю, а 42-й содержал клетки, исправленные по внешней матрице. Что касается остальных 16 — в них были следы неудачного

ремонта, но все-таки именно гена MYBPC3. Итого почти половину гетерозигот, четверть от общего количества, у мачехи-природы удалось отвоевать (см. рисунок на предыдущей странице). Видимо, на более ранней стадии система HDR преобладает над NHEJ, и важно не упустить этот момент, вовремя подтолкнуть яйцеклетку, заставить ее решить проблему собственными силами.

Остается добавить, что на дальнейшем развитии эмбрионов (до стадии бластоцисты — дальше не смотрели) инъекция не повлияла, а побочных эффектов, таких как повреждения последовательностей, сходных с геном-мишенью, тщательные поиски не выявили.

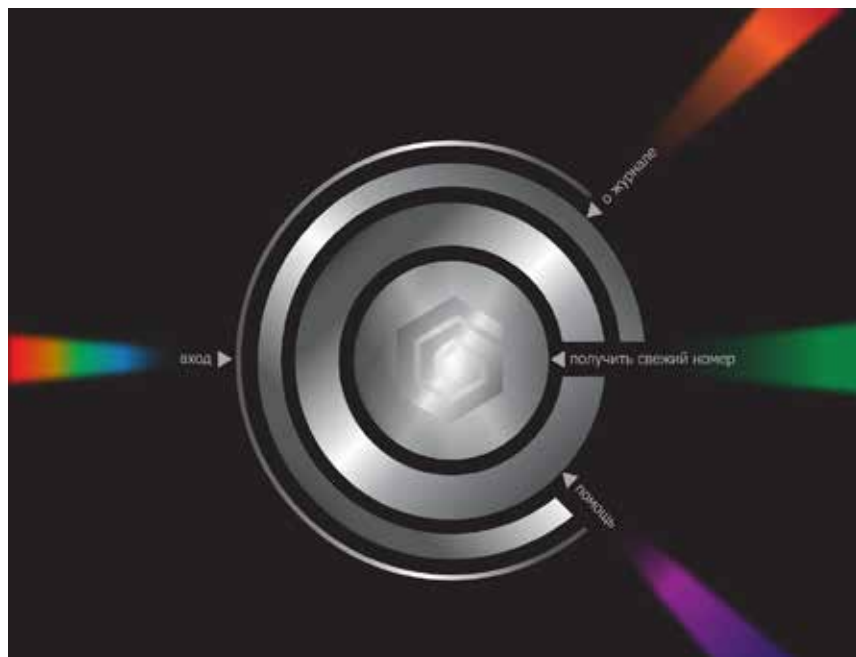
Метод имеет очевидные ограничения. Например, непонятно, как он будет работать и будет ли, если мутантными

окажутся оба аллеля. А именно этот случай самый тяжелый: когда нет немутантных генов, старая добрая преимплантационная генная диагностика не поможет, не из чего выбирать. Но и частичная победа — все же победа.

Кстати, один из ведущих авторов этого исследования, директор центра эмбриональных клеток и генной терапии Орегонского университета Шухрат Миталипов — выходец из СССР, когда-то работал в московском Медико-генетическом научном центре (см. интервью с ним научного журналиста Аллы Астаховой: <http://alla-astakhova.ru/tonkayarabota/>). Жаль, что этот результат был получен не в Москве, однако пользу он принесет всему человечеству.



## Архив – в массы!



Мы закончили работу над принципиально новым архивом журнала. Теперь он обновляет свою оболочку по Сети, то есть не перестанет работать при смене операционной системы и каждый месяц получает новый номер «Химии жизни», чтобы встроить его в общую базу данных.

Скачать дистрибутив архива можно отсюда: [http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/arhive/arhive\\_hij.php](http://www.hij.ru/buy_subscribe/arhive/arhive_hij.php)

Также вы можете получить его на флеш-карте в редакции или по почте (пишите на [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru)).

### Стоимость архива:

- 1300 рублей при скачивании,
- 1600 рублей — на флеш-карте.

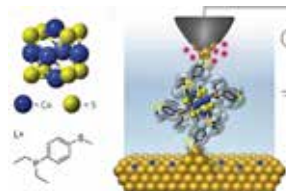
Оплата принимается в нашем электронном киоске [www.hij.ru](http://www.hij.ru). Вы также можете написать нам письмо на [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru), получить реквизиты и отправить деньги на счет в отделении банка или через сервис Сбербанк-онлайн. После оплаты вы получаете ключ для регистрации. С этим ключом Архив можно будет поставить на три компьютера, все они станут получать обновления. Новые номера в течение полугода поступают бесплатно, потом — по подписке. Ориентировочная цена подписки на обновление архива — 600 рублей в год.

**Кластер-транзистор**

*Создан диод, состоящий всего из 14 атомов*

«Nature Nanotechnology»,  
14 августа 2017 года;  
doi: 10.1038/nnano.2017.156

Сделать транзистор из одного атома можно, но очень трудно. И скорее всего, он станет работать при очень низкой температуре. А вот так, чтобы при комнатной, — это вряд ли кому-то удастся. Однако диод из считанных атомов создали исследователи из Колумбийского университета (США) под руководством профессора Латкы Венткатарамана. Его аспирант Бонни Чои сделал кластер из шести атомов кобальта и восьми атомов серы, одел его в рубашку из органических лигандов и с помощью зондового микроскопа замкнул им электрическую цепь. Если к этому кластеру было приложено небольшое напряжение, он почти не пропускал ток, а при высоком ток шел относительно свободно. Соотношение токов в состояниях «вкл/выкл» оказалось весьма хорошим — 600:1.



Работает диод так. Все орбитали в кобальт-серном кластере заняты электронами, и новому электрону кластер никак не пройти. Под напряжением же энергии меняются, и какие-то орбитали становятся достижимыми для внешних электронов из проводника. Они попадают в кластер, на мгновение там замирают, а потом перепрыгивают на второй электрод. Поскольку, изменяя состав кластера, можно точно управлять его электронными свойствами, в руках исследователей оказался удобный инструмент для создания сверхминиатюрных электронных устройств, надежно работающих при комнатной температуре. Были попытки создать похожее устройство с помощью квантовых точек, но из-за того, что эти точки имеют разную форму и размеры, хорошей воспроизводимости добиться не удалось. А кластеры Чои получаются один к одному, и он, проведя тысячи опытов, убедился в надежности методики.

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

**Личная бензоколонка**

*Создана установка для получения топлива из воздуха и солнечного света*

Агентство «AlphaGalileo»,  
8 августа 2017 года

Установка, предназначенная для автономного снабжения топливом удаленных объектов, состоит из трех модулей. Это устройство для выделения углекислого газа из воздуха, электролизер, который получает водород из воды, и реактор, где при высокой температуре идет процесс Фишера — Тропша, то есть получение углеводородов из смеси водорода и угарного газа. Все это питается энергией от солнечной электростанции. Установка размером со стандартный контейнер для морских перевозок изготавливает 80 литров топлива в день, не потребляя никаких ископаемых и невозобновляемых ресурсов. Наверное, если включить стоимость установки в цену бензина, он покажется дорогим, но зачастую выгода независимости от снабжения все окупает.



Для создания чудо-контейнера объединили усилия инженеры из Технического исследовательского центра Финляндии, Лапенрантского университета и Технологического института Карлсруэ в рамках проекта SOLETAIR, для осуществления которого финское Агентство по технологиям и инновациям выделило 1 млн евро. Летом 2017 года установку во дворе Лапенрантского университета запустил известный телеведущий-разрушитель легенд Джейми Хайнеман. На ней будут отработаны детали технологии, в частности способы использования возникающего тепла, и отладка бизнес-модели производства топлива из воздуха и света.

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

**Очки-мониторы**

*Полимерный солнечный элемент превратил очки в генератор электричества*

«Energy Technology»,  
17 августа 2017 года;  
doi: 10.1002/ente.201700226

Полимерный солнечный элемент не столь эффективно преобразует свет в электричество, как кремниевый. Однако у него другие достоинства — дешевизна и прозрачность. Оба этих свойства использовали немецкие инженеры из Технологического института Карлсруэ при создании под руководством доктора Александра Колсманна солнечных очков нового поколения. На их линзы нанесен слой полимера, способного превращать свет в электричество. В дужку очков встроены микропроцессор, датчики и два небольших экрана (И экраны в дужку?) — всю эту электронику питает солнечный элемент линз. Микропроцессор снимает показания с датчиков и выводит на экранчики информацию о температуре и интенсивности освещения. Система столь эффективна, что ей хватает освещения не только на улице, но и внутри помещения.



Не совсем ясно, зачем пользователю в очках знать, какова температура окружающей среды, а уж тем более уровень освещения; скорее ему интереснее следить за дозой полученного лицом ультрафиолета. Однако эти очки — опытный образец, который демонстрирует возможности технологии. Применить же ее можно такими способами, о которых мы даже не догадываемся. Пока что фантазии разработчиков хватило на то, чтобы предложить использовать полученную энергию для питания шагомера или слухового аппарата. А в ближайшем будущем планируется изготовление оконных стекол с аналогичным генератором.

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

**Цвет солнечных батарей**

*Солнечные элементы можно раскрасить без потери их эффективности*

«Applied Physics Letters»,  
15 августа 2017 года;  
doi: 10.1063/1.4986796

В некоторых странах солнечные батареи так дороги, что никому не приходит в голову приобретать их для собственного дома. В других же благодаря дотациям от правительства или по каким-то другим причинам солнечная энергетика бурно развивается, например в итальянском Южном Тироле многие крыши не только жилых домов, но даже коровников или навесы стоянок для машин уже производят собственное электричество. В подобных странах дним из факторов, сдерживающих развитие солнечной энергетики, эксперты неэстетичный вид солнечных батарей. Людям хочется, чтобы лужайка была зеленой, крыша красной, а стена белой, батарея же черно-синяя. Покрасить солнечный элемент трудно, ведь краска, отражая свет, снижает эффективность его преобразования в электричество.

Исследователи из AMOLF — института голландского Фонда фундаментальных исследований материи — во главе с Вереной Недер решили применить структурную окраску. На поверхность кремниевого солнечного элемента нанесли не краску, а наноузор. В результате панель, подобно крылу жука-бронзовика, стала отражать немного зеленого света, но этого хватало, чтобы с большинства углов зрения она виделась зеленой. Эффективность упала всего на 2%, что создатели нового метода считают вполне приемлемой платой за красоту. Меняя узор, панели можно придать любой цвет.

# Паучий случай

А.И.Курамшин

Мне бы только  
мой крошечный вклад внести,  
За короткую жизнь сплести  
Хотя бы ниточку шелка...

Флёр

В эти осенние дни, погнавшись в лесу за неосторожным грибом, мы вполне можем попасть в ловчие сети паука. Конечно, эти сети нас не удержат, мы разрушим ажурное плетение — плод труда арахнида и, стяхивая паутину с лица, рук или одежды, недовольно скажем что-нибудь вроде: «Понавешали тут сетей». Вместе с тем, наверное, стоит удивиться эволюции, создавшей паука и его паутину — прочную и эластичную. Это настолько удачный материал, что уже сейчас его начинают применять люди, и не только в трансплантационной медицине, — из нее даже делают спортивную обувь. Компании, производящие тонны паутины (точнее, белков, входящих в ее состав), растут как грибы.

## Самая прочная среди эластичных

Волокна паутины отличаются исключительными механофизическими свойствами. Благодаря прочности на разрыв и упругости они могут поглощать много энергии, не разрушаясь. Если взять одинаковые по массе образцы белка паутины и синтетического арамида — кевларовых волокон, окажется, что кевлар до разрушения сможет поглотить в три раза меньше энергии. В составе фибриллярного белка паучьего шелка основные аминокислотные остатки — глицин, аланин и серин. Прочность и эластичность микрометровых каркасных нитей паутины (то есть радиальных, в отличие от менее прочных спиральных) объясняется тем, что внутри них есть жесткие белковые кристаллы размером в несколько нанометров, соединенные между собой эластичными пептидными связями. Предельное напряжение на разрыв каркасной нити обыкновенного крестовика *Araneus diadematus* — 1,1—2,7 ГПа. Для сравнения: предел прочности стали 0,4—1,5 ГПа, человеческого волоса — 0,25 ГПа. И обычный шелк уступает паучьему по этому показателю. Конечно, паутину нельзя назвать ни самым прочным, ни самым эластичным материалом, но эти свойства в ней идеально сбалансированы.

Еще 15—20 лет назад в мире существо-



flickr.com/Goultard

вало не более десяти исследовательских групп, изучавших свойства белков паутины и особенности их образования. Сейчас таких команд уже несколько десятков, а практическое применение паутины в реальной жизни приближают три успешно работающие биотехнологические компании. Исследователи уже раскрыли, как пауки прядут паутину, установили особенности ее состава, и эти детали позволяют находить новые области применения паутины — от регенерации нервной ткани до способов упаковки потребительских товаров и разработки новых клеевых составов. Медиков паучий шелк привлекает не только идеальным сочетанием прочности и эластичности, но и тем, что практически не вызывает иммунного ответа. Белки паутины применяются и в биохимических лабораториях — их цепочки можно модифицировать низкомолекулярными соединениями, придавая белкам особые свойства.

Основные компании, ведущие разработки в этой области и уже производящие продукт, — образованные в 2008—2009 годах немецкая «AMSilk», японская «Spiber» и американская (калифорнийская) «Bolt Threads». Обычно от появления новой химической компании, создающей принципиально новые химические продукты, до их выхода на рынок и начала продаж проходит намного больше времени.

## От косметики до хирургии

Арахнофобы могут не беспокоиться. Предприятия по производству искусственной паутины непохожи на паучьи фермы, там вообще нет пауков и прочих членистоногих. Вместо них «плетением

паутины» занимаются трансгенные организмы, которые содержат гены, управляющие экспрессией белков паутины, главным образом бактерии и дрожжевые грибки. Хотя шелк паутины производят и организмы, от которых этого никак не ожидаешь; например, существует стадо генетически модифицированных коз в полсотни голов, которые дают молоко с белками паучьего шелка. Из одного литра молока такой козы можно выделить до 4 граммов этих белков; впрочем, бактерии и грибки оказались более эффективными «эрзац-пауками».

Например, компания «AMSilk» применяет генно-модифицированные версии *E. coli*. Бактерий выращивают в больших чанах для ферментации, затем клетки разрушают и выделяют белок паучьего шелка в виде белого порошка, который затем может быть гранулирован, превращен в гидрогель или в волокна, — производители биосинтетической паутины реализуют свою продукцию во всех трех формах.

Одно из направлений деятельности «AMSilk» — косметические средства «Silkbeads» и «Silkgel» с белками паучьего шелка, которые обеспечивают коже дышащую защиту от бактерий и вредных веществ в окружающей среде. Биосинтетический паучий шелк часто рекламируют как «веганский шелк» — специально для тех, кто считает неприемлемым убийство окуклившихся гусениц тутового шелкопряда (видимо то, что для получения биосинтетической паутины приходится умерщвлять *E. coli*, не ввергает веганов в тоску).

Для косметологов биосинтетическая паутинка хороша тем, что ее белки не вызывают иммунного ответа и на их по-

верхности плохо растут и размножаются бактерии. Еще важнее эти свойства для биомедицины, а обусловлены они первичной структурой белков. Волокна шелка паутины состоят из спидроиновых белков, которые содержат повторяющиеся пептидные последовательности, обранные неповторяющимися, индивидуальными доменами, более половины аминокислотных остатков в которых приходится на глицин. Возможно, именно высокое содержание глициновых остатков во внешних доменах спидроинов (остальные аминокислотные остатки находятся внутри структуры белков паутины) и делает паучий шелк биосовместимым. Дело в том, что глицин — самая маленькая аминокислота, ее боковая группа, не участвующая в образовании белковой цепочки, состоит из одного атома водорода, и это снижает вероятность участия остатков глицина в химических реакциях и межмолекулярных взаимодействиях. Именно поэтому клетки не могут связываться со спидроинами, и поэтому биотехнологический паучий шелк наносят на поверхность медицинских устройств, чтобы спидроины обеспечивали им биологическую защиту.

Исследователи из «AMSilk» сообщают об экспериментах, в которых белки паучьего шелка наносили на катетеры из полиуретана, полистирола, полиэтилена, а также на металлы и керамику для имплантатов. Оказалось, что такое покрытие обеспечивает хорошую антибактериальную защиту и снижает риск осложнений при использовании полисилоксановых (силиконовых) имплантатов («Advanced Functional Materials», 2014, 24, 2658—2666; doi: 10.1002/adfm.201302813). На покрытии из биотехнологической паутины бактериальные биопленки растут хуже, чем на тефлоне и стали.

## Выращивание биологических тканей

Тезка японской компании «Spiber» — шведская «Spiber Technologies» еще не может похвастаться продуктами, выведенными на рынок, она находится на стадии опытно-конструкторских разработок и получает белки только в

граммовых количествах. Биотехнологи этой компании ввели *E. coli* лишь часть гена, ответственного за выработку спидроинов, так что бактерии вырабатывают белки размерами около одной десятой от длины нативных белков паучьего шелка. Из этих белков собираются изготавливать сетчатые или пористые каркасы для направленного выращивания стволовых клеток, реконструкции костной ткани и заживления ран. В подобных матрицах уже успешно культивировали клетки млекопитающих. Недавно шведские исследователи модифицировали свои «строительные леса» из шелка, придав им мотив связывания, характерный для гликопротеида фибронектина, и обнаружили, что с таким модифицированным шаблоном клетки кожи связываются эффективнее («Biomaterials», 2016, 74, 256—266; doi: 10.1016/j.biomaterials.2015.10.013).

Обычно клетки культивируют на плоской поверхности, однако для выращивания большинства органов и тканей необходимы объемные каркасы. Трехмерные пористые системы из укороченных спидроинов с внедренными в них активаторами роста клеток имитируют матрикс ткани и «обманывают» клетки, заставляя их расти в нужном направлении.

Например, исследователи учатся выращивать таким способом небольшие участки ткани поджелудочной железы, необходимые для лечения диабета. Матрицы из паучьего шелка *in vitro* могут поддерживать стабильность колоний клеток поджелудочной железы человека в течение трех месяцев (PLoS One, 2015, 10, e0130169; doi: 10.1371/journal.pone.0130169). Трехмерная матрица не только обеспечивала жизнеспособность клеток, но и способствовала тому, что они реагировали на стимуляцию глюкозой, вырабатывая инсулин. Со временем ткань увеличивалась в объемах, и в ней формировалось больше сосудов («Biomaterials», 2016, 90, 50—61, doi: 10.1016/j.biomaterials.2016.03.006), что повышает шансы на успешную трансплантацию.

Работающая в сотрудничестве со «Spiber» лаборатория Анны Ризинг из Королевского Каролинского университета Швеции использует модель *ex vivo* для изучения особенностей регенерации



## ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

ткани спинного мозга в присутствии паучьего шелка. Исследования показали, что ткань периферического нерва овцы успешно росла на направляющих из паучьего шелка («Biopolymers», 2012, 97, 6, 468—478, doi: 10.1002/bip.21715; «Acta Biomaterialia», 2014, 10, 4, 1627—1631, doi: 10.1016/j.actbio.2013.09.030).

## Подражая природе

Паук прядет паутину с помощью специальных паутинных желез — нити образуются из высококонцентрированного раствора белка, из этого раствора самка паука может свить до семи типов волокон. Недавно в лаборатории Ризинг получили рекомбинантные белки паучьего шелка, которые имеют не только аналогичные натуральным белкам повторяющиеся последовательности, но также N- и C-концы, характерные для паучьего спидроина («International Journal of Molecular Sciences», 2016, 17, 8, pii: E1290, doi: 10.3390/ijms17081290). В настоящее время N- и C-концы большей части биотехнологических спидроинов не такие, как у природных, а между тем ряд ученых, например Томас Шайбель из Байройтского университета, считают, что именно начало и конец цепи критически важны для образования прочных волокон из водного раствора («Angewandte Chemie Int. Ed.», 2015, 54, 2816—2820; doi: 10.1002/anie.201409846).

В настоящее время большинство лабораторных способов, позволяющих превратить белки паучьего шелка в волокна, основаны на применении гексафторизопропанола — токсичного растворителя, который не только опасен, но еще может медленно разрушать белки и имеет высокую себестоимость. Все это исключает возможность его промышленного применения. Недавно был опубликован метод, позволяющий растворять спидроины в чистой воде и получать из них волокно («Biomacromolecules», 2015, 16, 1418—1425; doi: 10.1021/acs.biomac.5b00226). Раствор для прядения волокон можно сделать с помощью микроволновой печи, предполагается, что растворение обеспечивается воздействием температуры и давления. Компании, разрабатывающие методы прядения волокон из паучьего шелка, придумывают

AMSilk



Превращение такого сложного материала, как белки-спидроины, в волокна — нетривиальная задача для химиков и технологов



Уникальные свойства паучьего шелка способствуют его коммерческому применению. В пробирках гидрогели на основе паучьего шелка (слева и в центре), порошок из белков паучьего шелка (справа)

свои подходы, которые не публикуют в открытой печати, но и они предпочитают тянуть искусственную паутину из водного раствора, минимизируя применение дорогих и опасных растворителей.

Лабораторный протокол обработки биотехнологического паучьего шелка предполагает процедуру осаждения-высаливания белков, причем они денатурируют. Затем осажденный и денатурированный белок формируют в волокнистую структуру из суспензии в водно-спиртовом растворе. Отдельные волокна можно свить в нити, содержащие от восьми до двадцати четырех жил — такие нити уже подходят для практического применения. Но компаниям необязательно прядь паутину — для нанесения покрытий проще использовать биотехнологические спидроины в виде порошка или гидрогеля. Подсчитано, что килограмма паутинных белков хватит на антибактериальные и антикоагулирующие покрытия для нескольких миллионов (от одного до десяти — зависит от размера) катетеров. Есть надежда, что концу 2017 года такое медицинское оборудование закончат тестировать на животных, в ближайшие 5 лет некоторые его образцы пройдут сертификацию Управления по контролю продуктов питания и лекарственных средств США (FDA) и начнут применяться в клинической практике.

## Костюм Спайдермена

Искусственные спидроины применяют не только в биомедицине. Уже упоминалось, что прочность паучьего шелка на разрыв выше, чем у кевлара, но, увы, способность эластично деформироваться в ответ на механическую нагрузку не позволяет рассматривать чистые спидроины в качестве материала для «натуральных» бронежилетов. Пулю бронежилет из паучьего шелка поймает и остановит, но к тому моменту она, скорее всего, выйдет из туловища или застрянет во внутренних органах вместе с «бронежилетом». Преимущество арамидных волокон, из которых делают кевлар, состоит как раз в том, что они не деформируются. Тем не менее композиты спидроинов с арами-



дами или углеволокном вполне подходят для изготовления гибких и прочных конструктивных элементов автомобилей или беспилотных летательных аппаратов. Существуют композиции рекомбинированного паучьего шелка с керамическими наночастицами, которые могут блокировать газы и пары воды, получаются идеальные материалы для упаковки пищевых продуктов («ACS Applied Materials and Interfaces», 2016, 8, 25535—25543; doi: 10.1021/acsami.6b08287). В их производстве не используются токсичные вещества, белки растворяют в воде, а сам композит прозрачен и биоразлагаем.

Еще одно важное преимущество паучьего шелка — он не плавится. Поэтому текстиль из паучьих нитей, натуральных или полученных биотехнологически, ин-



Штормовка «The North Face» из рекомбинированного паучьего шелка

тересует создателей армейской экипировки. Под воздействием высоких температур, например вспышек световых гранат, нейлоновые ремешки каски и других элементов одежды современных солдат могут расплавиться, а то и приплавиться к коже, причинив серьезные ожоги. Волокна и текстильные изделия из искусственной паутины просто обугливаются, что снижает риск дополнительного температурного воздействия на кожу — именно это и интересует военных, готовых платить больше для обеспечения безопасности личного состава. Пока что стоимость биосинтетической паутины высока, и среди одежды доступной ценовой категории вряд ли в ближайшее время можно будет найти вещь с ярлычком «spider silk» (товары с AliExpress не в счет, о них производители

могут написать что угодно). Однако две компании все же рискнули вывести на рынок одежду из биотехнологических спидроинов.

Так, в сентябре 2015 года компания по производству спортивной одежды для активного отдыха «The North Face» начала рекламировать и испытывать куртку-штормовку из рекомбинированного паучьего шелка. Первые образцы обещают выпустить уже в этом, 2017 году. Они будут изготовлены из паучьего шелка от японской компании «Spiber». Представители компании уверяют, что им удалось снизить затраты на производство спидроиновых волокон до ста долларов за килограмм. Однако чтобы ткани из синтетической паутины перестали быть уделом избранных, себестоимость производства пряжи должна стать хотя бы такой же, как у натурального шелка тутового шелкопряда (30—70 долларов за килограмм, в зависимости от качества). Компания «Spiber» надеется, что эта цель вполне достижима, ее конкуренты тоже так считают, разрабатывая все более дешевые технологии.

Так, уже упоминавшаяся немецкая компания «AMSilk» использует белки биосинтетического паучьего шелка для изготовления волокон под торговым названием «Biosteel» («Биосталь»). Руководство «AMSilk» уверено, что из этого волокна будут делать обувь и одежду, а также текстиль для отделки кресел автомобилей и самолетов. В 2014 году фирма «Адидас» представила линию спортивной тренировочной обуви, сделанной практически целиком (кроме подошвы) из волокон «Biosteel».

Таким образом, липкая лесная паутинка прошла долгий путь, и теперь из нее плетут прочные сети новые химические компании, которые сумели наладить производство всем известного природного материала и нашли ему множество применений. Может быть, через десять лет производство биосинтетической паутины разовьется настолько, что мы будем спрашивать консультантов в магазине одежды, из какого именно натурального шелка эта кофточка — шелкопряда или паучьего. Естественно, спидроины шелка будут и дальше оплетать своими сетями хирургию, регенеративную медицину, а также новые области, о которых мы пока и не подозреваем. Глядишь, появится приспособление, способное выстреливать нитью биосинтетической паутины, чтобы лазить по стенам или иммобилизовать недоброжелателей, — и, главное, делать это можно будет, не дожидаясь укуса радиоактивного паука-мутанта.



Немецкая компания AMSilk производит волокно из синтетического паучьего шелка «Biosteel», это волокно использовалось для изготовления тренировочной спортивной обуви



# Сколько существует газов?



З адавшись этим вопросом, я стал собирать информацию, и все оказалось непросто.

Сначала надо определиться, что считать газами и как их подсчитать. Вроде бы все несложно: газ — вещество с температурой кипения или сублимации (прямого перехода из твердого состояния в газообразное) ниже комнатной. Но какую температуру считать комнатной, +20, +25 или +30°C, как в жарком климате? Хорошо, возьмем +20°C, чтобы при всех общепринятых комнатных температурах вещество было газообразным, но тут вмешивается еще один фактор — давление воздуха. Здесь ситуация несколько проще, так как ученые договорились считать нормальным давлением 760 мм рт. ст. (101325 Па) — среднее давление на уровне Мирового океана.

Тогда определение будет следующим: газообразное вещество кипит или сублимирует при температуре ниже или равной +20°C при давлении 760 мм рт. ст. Если вещество кипит при 760 мм рт. ст., значит, и давление его паров при этой температуре равно 760 мм рт. ст. Если вещество при +20°C имеет давление паров 17,5 мм рт. ст. (как, например, вода), то оно просто испаряется, но в число газов не входит, поскольку испаряется до некоторого предела — насыщения атмосферы, а далее пар оказывается в равновесии с жидкостью.

Кажется, что число газов бесконечно, ведь исследователи постоянно открывают все новые вещества, но это не так. Например, у газообразных веществ есть предел молекулярной массы, равный 300 а. е. м. Пока неизвестно ни одного газа, превысившего этот предел; наиболее близок к нему фторид вольфрама(VI)  $WF_6$  с температурой кипения +17°C. Скорее всего, предел связан с уменьшением скорости тяжелых молекул, что ведет к их конденсации в жидкость даже при слабых межмолекулярных взаимодействиях.

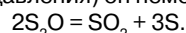


## УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

При сборе информации возникли новые трудности. Одна из них — учитывать ли изотопно-модифицированные вещества. К примеру, аммиак  $NH_3$  — газ с температурой кипения -33,4°C, а тридейтероаммиак  $ND_3$  кипит уже при -31,1°C. Могут быть получены и переходные формы — монодейтероаммиак  $NH_2D$  и дидейтероаммиак  $NHD_2$ . И это если не вспоминать о тритии! Для исключения излишней путаницы изотопно-модифицированные вещества из подсчета были устранены.

Вторая сложность — вещества, разлагающиеся до достижения температуры кипения. Для многих из них температуры кипения были вычислены, и они ниже комнатной, но, строго говоря, таких газов при нормальных условиях нет. Однако некоторые из этих веществ все же существуют выше точки кипения некоторое время, так что их можно зачислить в газы.

Третья сложность — исследователи могли указать, что вещество газообразно, но не измерить его констант. Характерный пример — оксид ксенона(VIII)  $XeO_4$ . Во всех работах с ним пишут, что это бесцветный газ, но, если судить по статье об исследовании давления его паров, — это жидкость с расчетной температурой кипения +85°C. Причем исследователи действительно работали с бесцветным газом, просто под пониженным давлением, чтобы высокие концентрации тетраоксида ксенона не провоцировали его взрывное разложение. Но есть еще более странные газы. Например, оксид серы(I)  $S_2O$ , хотя правильнее его называть в соответствии со строением — оксид-сульфид серы(IV). Его не удается получить в жидком виде, так как при попытке концентрирования (охлаждением или увеличением давления) он немедленно распадается по уравнению:



Этот газ существует либо при пониженном давлении, либо при высокой температуре. Криогенное замораживание позволило получить его твердую форму, которая тоже распадается при попытке нагревания. Следовательно, у этого газа нет температуры кипения. Но все-таки это газ.

Казалось бы, в век Интернета посчитать все газы проще простого — достаточно провести поиск по крупным химическим базам данных, но и здесь не все так просто. Поиск по крупнейшим базам данных, geaux и spres1, выдал тысячи результатов... из которых большинство нужно отбросить, так как это температуры кипения при пониженном давлении. Даже проверка вроде бы правильных значений показала, что в базах данных довольно много опечаток и неточностей внесения информации. Например, для 2-бутил-3,5,6-трифторпиразина указана температура кипения +17°C, а по данным оригинальной статьи она оказалась +170°C. Понятно, что это опечатка, — ноль превратился в обозначение градусов. Иногда вместо температуры кипения указывается температура ловушки для конденсации вещества.

В итоге на момент написания этой заметки (июль 2017 года) собрался список из 826 газов, причем большинство их содержит атом фтора. Это не значит, что список полон, — еще примерно для 90 веществ пока не удалось найти температурные константы. Кроме того, химики постоянно открывают новые вещества, и какие-то из них обязательно будут газообразными.

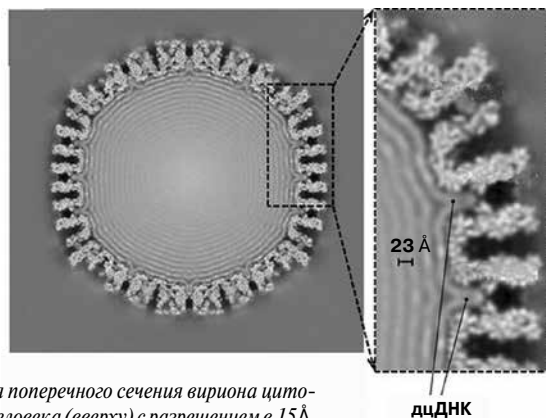
Р.А. Кипер

# Цитомегаловирус человека: секреты упаковки

ХЕМОСКОП



Исследователи из группы Хуна Чжоу в Калифорнийском университете (Лос-Анджелес) использовали криоэлектронную микроскопию для изучения капсида самого большого представителя семейства вирусов герпеса — цитомегаловируса человека, он же HCMV, от *Human cytomegalovirus*, или герпесвируса человека тип 5 («Science», 2017, 356, 6345, eaat6892; DOI: 10.1126/science.aat6892). Он опасен для людей со слабым и несформировавшимся иммунитетом, а также может вызывать врожденные аномалии развития или осложнения при пересадке донорских органов.



Реконструкция поперечного сечения вириона цитомегаловируса человека (вверху) с разрешением в 15 Å. Справа, крупно — расположение двухцепочечной ДНК вируса (дцДНК) внутри каналов белка

Цитомегаловирус огромен — его капсид диаметром 1300 Å состоит примерно из 4000 молекул белков. Но и геном у него самый большой среди герпесвирусов: 235 000 нуклеотидов, при этом капсид, в который геном упакован, не намного больше, чем у других. Как показывают расчеты, ДНК вируса должна оказывать на оболочку капсида давление в десятки атмосфер.

Электронная микроскопия в различных модификациях позволила многое узнать о строении агрегатов из макромолекул, к которым относятся и вирусы. Однако до недавнего времени использовать ее

для изучения строения вирусов герпеса не представлялось возможным из-за их больших размеров и склонности разрушаться в процессе исследования.

Получить изображение капсида цитомегаловируса с разрешением в 3,9 Å исследователям из Лос-Анджелеса удалось благодаря двум приемам. Во-первых, они проводили исследования при температуре –197°C, в полном смысле этого слова замораживая надмолекулярную структуру, образованную четырьмя тысячами молекул белков. Во-вторых, они не стремились сразу получить изображение

всей оболочки вируса, а действовали примерно так же, как составители географических карт, — определяли строение небольшого участка капсида и участков, перекрывающихся с ним, затем комбинировали их в единую картину. Это было непросто — всего ученые получили и обработали 39 600 изображений. Выяснилась в том числе особенность, которую авторы считают специфической для цитомегаловируса человека: его ДНК заходит изнутри в каналы капсида, образуя петли. Предполагается, что столь подробная структурная информация поможет в разработке препаратов против этого и других герпесвирусов.

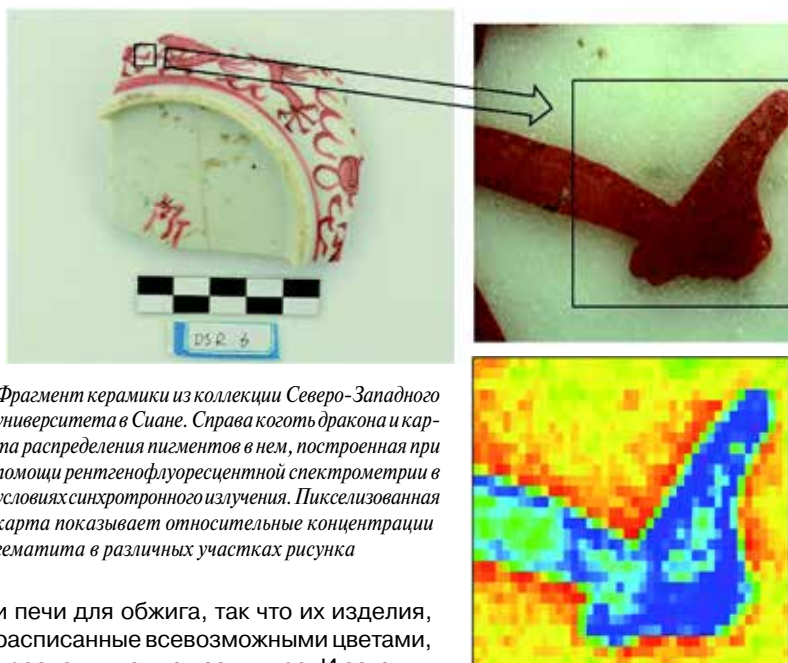
# Флуоресцентная спектрометрия красного дракона

ХЕМОСКОП



Китайские исследователи использовали флуоресцентную спектрометрию для детального изучения пигментов, которыми мастера эпохи Мин расписывали свой знаменитый фарфор. Полученные результаты позволили установить, что рисунок наносили в две стадии («Analytical Methods», 2017, doi: 10.1039/c7ay00860k).

Керамика — возможно, самый первый материал, созданный человеком, а такая совершенная разновидность керамики, как фарфор, впервые появилась в Китае в VII веке н. э. Способ изготовления фарфора хранился в секрете, и европейцы сумели изготовить аналогичный материал (мейсенский фарфор) лишь спустя тысячелетие — в 1708 году. Недаром в английском сохранилось слово, обозначающее и фарфор, и Китай (China). Во времена династии Мин (1368—1644) мастера Поднебесной создали новые способы росписи



Фрагмент керамики из коллекции Северо-Западного университета в Сиане. Справа коготь дракона и карта распределения пигментов в нем, построенная при помощи рентгенофлуоресцентной спектрометрии в условиях синхротронного излучения. Пикселизованная карта показывает относительные концентрации гематита в различных участках рисунка

и печи для обжига, так что их изделия, расписанные всевозможными цветами, прославились во всем мире. И сегодня

«ваза эпохи Мин» — нарицательное обозначение хрупкой драгоценности, неповторимого шедевра. Так что интерес химиков-аналитиков к этим драгоценностям более чем понятен.

Ранее ученые исследовали сырье, которое было в распоряжении у мастеров эпохи Мин, — пигменты для росписи, компоненты глазури — с помощью рентгеноструктурного анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния и флуоресцентной спектроскопии. Руководитель нового исследования Жуй Вэнь из Северо-Западного университета в Сиане вырос в этом же городе, неподалеку от места, где терракотовая армия охраняет покой Циня Шихуанди, первого императора династии Цинь, и это обстоятельство предопределило его интерес к археологии. Вэнь решил использовать химический инструмента-

рий, чтобы разгадать утерянные в веках секреты техники росписи по фарфору. Для исследования выбрали образцы с красными драконами на белом фоне — фарфор с драконами предназначался только для членов императорской семьи, и, конечно, всем хотелось больше узнать о том, как творили придворные мастера.

Для анализа изображений драконов на черепках фарфора Вэнь с коллегами использовал метод рентгенофлуоресцентной спектроскопии в условиях синхротронного излучения (synchrotron radiation micro-X-ray fluorescence spectrometry, SR- $\mu$ XRF). Узкофокусированный рабочий луч рентгеновского излучения дал возможность построить карту количественного и качественного состава образца, то есть изучить распределение химических элементов на поверхности фарфора с очень высо-

ким разрешением. Карты, описывающие распределение железа и свинца, давали информацию о пигментах, типе глазури и даже манере нанесения мазков. Более высокое содержание железа на контурах по сравнению с внутренними участками говорит о том, что художники медленно и тщательно вырисовывали контур, который затем быстро закрашивали, нанося более тонкий слой пигмента. Такая двустадийная техника позволяла создавать четкие рисунки, которые не расплывались во время обжига. При этом иероглифические надписи выполнялись в одну стадию.

Жуй Вэнь планирует продолжить исследование технологий китайского фарфора, в том числе и других эпох. Особенно интересно, по мнению исследователей, проследить за эволюцией технологии фарфора от династии Тан до династии Цинь.

## Робот-химик кристаллизует лучше людей

Роботы не только аккуратны и добросовестны, они могут состязаться с людьми и в решении экспериментальных задач. По крайней мере, тех, что связаны с разработкой методов дизайна и кристаллизации гигантских самоорганизующихся молекул. В ближайшем (а возможно, и в отдаленном) будущем роботы не заменят живых химиков, однако они способны помочь людям действовать нестандартно и уменьшить значение систематической ошибки экспериментов («Angewandte Chemie, Int. Ed.», 2017, doi: 10.1002/anie.201705721).

Исследователи из группы Ли Кронина Университета Глазго разработали алгоритм, управляющий подачей растворителей и растворов исходных веществ в реактор, где проводились эксперименты по кристаллизации гигантских полиоксометаллатов. Затем началось соревнование между группой Кронина и роботом. Обоим участникам конкурса предоставили одинаковые исходные материалы, протоколы экспериментов по синтезу и кристаллизации продуктов, а также детальные описания предыдущих успешных и неуспешных попыток. Победителем считался тот, кто за известное время сможет подобрать больше условий и методик для синтеза новых самоорганизующихся полиоксометаллатов и получения их кристаллов.

Ли Кронин поясняет, что и образование новых кластеров, и их кристаллизация — труднопрогнозируемые процессы, которые протекают фактически случайным образом, поэтому возникла идея их роботизированного контроля. Но получилось прямо как в

старом анекдоте: «наша», человеческая команда заняла второе место, а «их» финишировала предпоследней... Хотя человеческая интуиция позволила найти в «химическом пространстве» больше точек с условиями, способствующими образованию продуктов, химик-робот на основе алгоритмов смог изучить гораздо более обширное пространство, предсказывая, в каких его точках кристаллизация возможна, а в каких — нет. Более того, предсказания робота были точнее, чем у человека.

По словам исследователей, этот любопытный результат нельзя назвать неожиданным. В конце концов, роботу не свойственны предрешения, сформированные на основе прошлого опыта. А бывалые химики, изучая химическое пространство, действуют последовательно, методично и даже не пытаются опробовать условия, с их точки зрения контринтуитивные. Между тем иногда

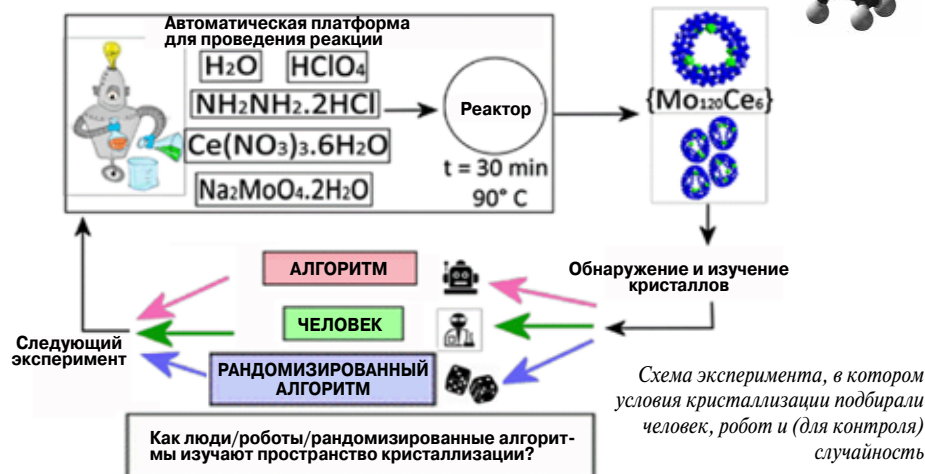
именно такие условия оказываются более благоприятными. Скорее всего, машина и человек удачно дополняют друг друга в лаборатории. Человек обладает интуицией — точнее, навыком, суммой экспериментального опыта; в свою очередь, алгоритм, лишенный интуиции, позволит человеку избавиться от мыслительных шаблонов типа «иди туда, где в прошлый раз повезло».

В обозримом будущем исследователи из Глазго планируют отправить робота-химика на покорение других направлений химического пространства, не связанных с поиском точек образования кристаллических полиоксометаллатов, хотя и предполагают, что есть такие химические дебри, где химик-робот не сможет стать ни соперником, ни даже помощником человека.

Выпуск подготовил кандидат химических наук

**А.И. Курамшин**

ХЕМОСКОП



# Вопреки экстазу

Л.Хатуль

Мир техники конкретен и материален — бетон, сталь, кремний, стекло. Но воспринимаем мы его — как и всё на свете — через призму психологии. Поиск простого, экономного, универсального и быстрого решения проблемы важен для функционирования и человека, и общества. И как опыт игры в шахматы преобразуется у мастера в таинственный алгоритм оценки позиции, так у нас в психологии образовался механизм возникновения радости при созерцании простого и быстрого. Естественно, это регулярно приводит к ошибкам и потерям.

На эту ситуацию, в зависимости от условий, можно реагировать по-разному. Возьмем два крайних случая. Если никакие рациональные решения на основе этой искаженной картинки нам принимать не надо, то ничего страшного, получаем удовольствие, и все хорошо. Однако если нам информация нужна не для выделения адреналина и прочих полезных веществ, а для принятия решений и совершения действий, то неплохо иметь хоть какой-то способ рационального оценивания нового, прорывного, беспрецедентного, авангардного, никем не достигнутого, выводящего к утру на новые рубежи и т. д. Попытке немного продвинуться в решении этой задачи посвящена данная статья, в которой рассматриваются конкретные исторические примеры.

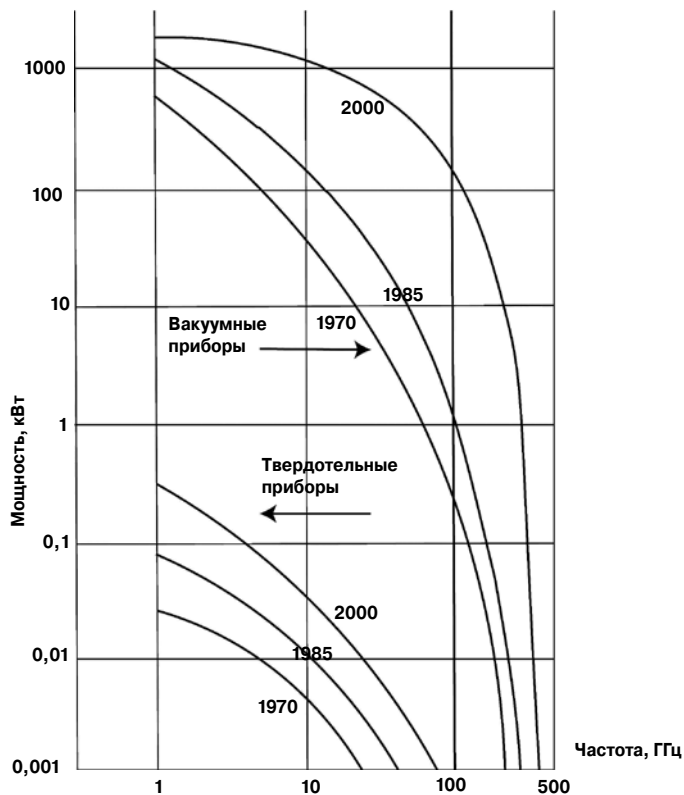
## Пример № 1 — порошковая металлургия

Берем порошок нужного вещества, если взяли несколько порошков — смешиваем, прессуем или прессуем с нагревом и наконец спекаем. Технология известна с древности, вспышка интереса была в середине прошлого века — показалось, что завтра всё будем так делать, остальные методы сдадим в музей. Причина экстаза — очевидные и серьезные преимущества: получение деталей без механообработки и без отходов. К тому же можно использовать тугоплавкие металлы, например вольфрам, с которыми по-другому обходиться трудно — и с литьем большие проблемы, и с механообработкой. А техника вообще интересуется всем тугоплавким, в частности потому, что на этом пути удастся поднять коэффициент полезного действия двигателей.

Со временем выяснилось, что у метода есть и другие плюсы, но и минусов полно, а результат был естествен и предсказуем — определились локальные области, где метод действительно эффективен, то есть дает лучшие технико-экономические показатели, нежели классические способы. Например, получить этим методом компактный беспористый материал трудно, но зато, если нам надо получить именно губку, это самое оно. Так что самосмазывающиеся подшипники, некоторые детали электровакуумных приборов и фильтры делать удобно. Далее, метод очень хорош, если нам надо получить псевдосплав или композит, спеченную смесь нескольких веществ, — а это, между прочим, важнейшее применение: твердосплавные резцы и буровые коронки. Но многое плохо: при спекании материал дает усадку, так что механообработка может и потребоваться, исходные порошки не всегда легко получить и они могут быть дороги, есть технологические ограничения по температуре спекания и размерам деталей.



Можно ли было в момент восторга все это предвидеть? Для того чтобы сообразить, что большие детали так делать экономически невыгодно, достаточно немножко здравого смысла. Чтобы сообразить насчет усадки — в общем, тоже ясно, что порам надо куда-то деваться. Про важность стоимости и технологии исходных порошков можно догадаться, если представить себе всю технологическую цепочку.



Итак, один рецепт очевиден: надо рассматривать не изолированный объект, а мир вокруг. Например, если речь идет о новом материале, то оценивать исходные вещества, технологию изготовления самого материала, технологию его применения, ситуации, в которых он может быть применен (конструкции, приборы), а также все то, что уже существует на этом поле, то есть с кем ему придется конкурировать, кого расталкивать локтями.

## Пример № 2 — электровакуумные приборы

В течение примерно первой половины прошлого века все связанное с управляемым движением электронов аккуратно делилось между электротехникой, в которой электроны двигались в меди и иногда, брезгливо наморщив нос, в алюминии, — и электроникой, в которой они двигались или в вакууме, или в газовом разряде. Правда, существовали еще селеновые и купроксные выпрямители (гален и прочая экзотика к тому моменту уже стали историей), в которых электроны путешествовали по полупроводнику, но это был маленький сегмент рынка. В середине века были созданы полупроводниковые усилительные приборы, транзисторы, и через какое-то время естественно возникла радостная мысль, что газоразрядным и вакуумным приходит конец. Воодушевляли прежде всего габариты — обычный транзистор был в 10–30 раз меньше обычной вакуумной лампы, и было понятно, что его габариты можно уменьшить еще на порядок, а можно ли это сделать с лампой, тогда было неясно. Причем 10–30 — это линейные размеры, а вес и объем — в кубе! Правда, позже выяснилось, что электронная лампа может по габаритам конкурировать с любым транзистором, но это была совсем другая история.

Однако уже в то время минимального знания техники хватило бы, чтобы быть осторожнее. Два важнейших параметра работы подобного прибора — ток и напряжение. Что полу-

проводниковые приборы низковольтны и не могут работать при плотностях токов, сравнимых с газоразрядными и вакуумными приборами, было ясно — на примере селеновых и купроксных выпрямителей. Полупроводник имеет относительно большое сопротивление, а значит — тепловыделение ограничит ток. Отсюда вывод: в области малых мощностей, то есть в компьютерах и в большей части бытовой техники, за полупроводниками будущее. В области больших напряжений, токов и мощностей лампы эффективнее. Ситуация с частотными свойствами была на тот момент туманна, хотя лампы, уже тогда освоившие гигагерцы (это современная сотовая связь), могли конкуренции не бояться.

Со временем возникло вполне стабильное состояние: в области малых мощностей и частот все полупроводниковое, в области больших — вакуумное. Граница с десятилетиями перемещается (см. рисунок), совершенствуются и те, и другие, но само деление областей сохраняется. Тем не менее авторы популярной литературы твердят из года в год про вакуумные лампы, которые якобы представляют только исторический интерес.

Мораль: для оценки эпохальности нового изделия нужно рассматривать области применения и конкурирующие приборы и устройства. Это может быть непросто. Те, что уже есть, — они здесь давно, они в какой-то мере оптимизированы, и даже можно прогнозировать, как со временем будут улучшаться параметры. А новое изделие — оно еще мокренькое, только вылупилось, оценить, как оно будет прогрессировать, трудно. Однако нам может помочь физика — подсказать какие-то принципиальные ограничения, которые надо учитывать.

Случались в технике электронных приборов и другие вспышки энтузиазма, но меньших масштабов. Например, в 60-е годы некоторые авторы предрекали, что вся цифровая техника будет выполняться на туннельных диодах — приборах с участком отрицательного дифференциального сопротивления. Тем не менее этого не произошло, хотя свои довольно разнообразные применения они нашли, и применяются по сей день.

## Пример № 3 — сверхпластичность

Примерно в середине века было обнаружено, что некоторые, вполне определенные сплавы при некоторых, вполне определенных и точно соблюдаемых условиях (температура, скорость деформации, размер зерна материала) могут, не разрушаясь, деформироваться в десятки раз — как пластилин. Немедленно поднялся крик: выкидываем станки, все будем делать этим способом! То, что метод годится только для очень немногих сплавов, не все заметили.

Однако техника одних только сталей использует сотни, сплавов металлов — тысячи, вообще материалов — десятки тысяч, и ни за какие коврижки инженеры не собираются от всех них отказываться. Со временем крик утих, правда, и список материалов, которые можно так обрабатывать, слегка расширился. Тем не менее в технике обычно материал и конструкция первичны, а уж как сделать — будем придумы-

вать. Реальная жизнь сложнее и разнообразнее, иногда и конструктор идет навстречу технологу, да и вообще хороший конструктор и хороший технолог потому и хороши, что находят общий язык.

Мораль: при оценке перспектив новой технологии главное — к каким материалам она применима, с какими уже существующими технологиями она будет конкурировать, как там дела с производительностью, стоимостью, отходами производства, загрязнением среды и т. д.

## Пример № 4, противоположный — цифровая фотография

Для полноты картины: иногда ситуация развивается иначе. При возникновении цифровой фотографии речь о вытеснении пленки не шла — параметры были несравнимы. Но со временем полегоньку-помаленьку, с большим трудом и большими деньгами, параметры цифрового фото добрались до параметров пленочного и перевалили через них. Последний бастион — малый динамический диапазон (плохая гамма-кривая в «светах») преодолевается программно самим аппаратом. Некоторые недовольны регулярностью пикселей, но если это реально потребуется — проблема будет решена, опять же программно. Насчет специфически пленочной цветопередачи, к которой многие привыкли, — некоторые цифровые камеры уже умеют имитировать разные типы пленок. В целом история обошлась, похоже, без взрыва интереса в масштабах всего человечества и без прогнозов о смерти пленки к концу недели.

В Интернете есть интересные материалы по запросу «пленка против цифры» и «цифра против пленки», и прочесть стоит несколько разных, ибо все немного пристрастны. Причем читать надо с учетом того, кто автор и на кого рассчитан материал — на любителя или на профессионала.

## Пример № 5 — водородная энергетика

Водород в баллоне, кислород берем из атмосферы, из выхлопной трубы капает на асфальт водичка, зеленые ликуют, завтра переводим весь автопарк на водород. Действительно, двигатель на водороде сделать можно, и проблема с хранением водорода тоже понемногу решается. Но есть еще одна проблема: водород на Земле не добывается, а возить с Юпитера накладно. Стало быть, его надо как-то «делать», то есть извлекать из воды, а любое преобразование имеет КПД меньше единицы, к тому же всю эту новую энергетику нужно строить. Стало быть, загрязнение увеличится, и намного, но только не у зеленых под окнами, а в другом месте.

Мораль уже известная — не ликовать попусту, рассматривать весь производственный цикл, а если что-то надо строить и создавать, то сначала учесть расходы на строительство, загрязнения, создаваемые новым производством, и т. д. На эту тему — следующий пример.

## Пример № 6 — солнечные батареи

Вопрос о целесообразности для конкретного потребителя сложен, сегодня все определяется ценами на комплектующие, монтаж, уход, замену износившегося (например, аккумуляторов), возможностью отдачи энергии в общую сеть, климатом, прогнозом цен (на годы вперед) и много чем еще. В частности — политикой: под давлением зеленых или просто для саморекламы власти кое-где устанавливают всякие льготы из бюджета. То есть заставляют одних граждан платить за других.

Но опять же, это все частные вопросы. А в какой-то момент стоял крик: покроем кусочек Сахары — и проблемы решены. Однако сегодняшнее годовое производство солнечных ба-

тарей в идеале обеспечило бы около 2% от мирового производства электроэнергии — и это если бы Солнце сияло 24/7, а оно даже в Сахаре так не поступает. По данным BP Statistical Review of World Energy за 2015 год, солнечные батареи дают 1% мирового производства электроэнергии (однако при годовом росте почти на 40%). Само производство солнечных элементов — оно очень «не зеленое». Когда конкретный Джон, Иван или фирма «Джон, Иван и партнеры» делают себе из них крышу, это незаметно, а если мы захотим решить проблему глобально, то нам придется создавать новую отрасль промышленности, которая будет выпускать этих батарей в десятки раз больше, чем сегодня. И создавать соответственно во столько же раз больше загрязнений.

Мораль та же: надо рассматривать весь производственный цикл, а если что-то придется строить — то и все сопутствующие производства.

## Пример № 7 — 3D-бум

Про историю 3D-принтеров мы уже писали, и очень подробно (см. «Химию и жизнь», 2014, 12). Область их применения — производство изделий трех классов:

- единичных или малых партий;
- формы, которую очень трудно сделать традиционными методами (сложная, ажурная);
- из материалов, которые очень трудно обрабатывать традиционными методами.

Почему мы возвращаемся к этой интересной теме? Повод для журнала естествен — письмо читателя. Рассмотрение вопроса выявило несколько интересных моментов, полезных для общего анализа. Один из наших читателей увидел сообщение о доме, который напечатан на 3D-принтере и выдерживает ли ураган, то ли торнадо, то ли землетрясение в столько-то баллов и вдобавок дешев. И выразил восхищение и надежду на преобразование строительной индустрии. Тем более что, как показал проделанный им поиск в Интернете, строительство вручную одноэтажного домика с деревянным каркасом в США обходится дороже.

Начнем с начала. Дом состоит не из одного бетона, а из многих материалов. На принтере можно сделать каркас из «бетона» и даже указать его стоимость. Каркас — важная часть дома, но в каркасе жить не будешь, даже если он дешевый. Далее, к вопросу о прочности и о «бетоне». Кавычки — не шутка и не издевательство: технология бетона отработывалась десятилетиями, и она очень далека от того, что можно сделать на принтере. Так что прочностные свойства принтерного бетона могут сильно отличаться. Торнадо- и сейсмостойкость — кто и как ее проверял или это расчет? Устойчивость к воздействиям зависит не только от материала, но и от конструкции (которая из картинки в публикации не видна), поэтому устойчивость к воздействиям, даже если она надежно измерена (а не рассчитана), не является сама по себе, без дополнительных данных, характеристикой «изготовленного на 3D-принтере». Конечно, цельный бетонный каркас с не слишком толстыми стенками из бетона достаточной прочности при хорошем торнадо взлетит целиком. Ураган при скорости ветра 30 м/с поднимет с земли плиту толщиной 5 см из среднего по плотности бетона (1 г/см<sup>3</sup>; диапазон плотности бетона 0,3–3 г/см<sup>3</sup>). При самой большой зафиксированной на Земле скорости ветра — более 100 м/с — взлетит полуметровая плита.

Но даже если это не учитывать, люди не перейдут массово на такую технологию строительства, потому что у рынка и конкуренции свои законы. И в Америке, и в России всегда строили и сегодня строят дома из дерева вручную, и не потому, что нет развитой стройиндустрии. А потому, что в том сегменте рынка, в котором строят вручную, принтер так же неконкурентоспособен, как неконкурентоспособен огромный

и могучий Завод железобетонных изделий. Само существование такого рынка может быть связано в разных странах с различными факторами. Например, с дешевизной леса (Россия), наличием фабрик, поставляющих относительно дешевые деревянные детали (США), «бесплатностью» рабочей силы (в российских деревнях) или относительной ее дешевизной (нелегалы или оплата кэшем в США), теми или иными транспортными расходами и, наконец, с естественным для многих людей желанием построить свой дом своими руками.

Кстати, то, что обычно понимается под бетоном, — это армированный бетон, железобетон, вдобавок подвергнутый определенной обработке (виброусадка). Принтер этого не умеет; некоторые пишут о разработке составов бетонов с армирующими добавками, например с волокнами. Но волокна будут нести нагрузку иначе, нежели арматура, и такой бетон будет дороже. Некоторые договариваются до армирования углеродным волокном, завтра кто-то произнесет магическое «нанотрубки»... Более осторожные фантазеры используют выражения типа «существует мнение» и «такой-то нам сказал». Кстати, если разработчики 3D сумеют придумать материал лучше бетона, технологически более простой и недорогой, то за него немедленно ухватятся традиционные производства.

Иногда говорят, что автоматический восторг от нового оправдан тем, что новое всегда сначала плохонькое, потом обязательно становится лучше и побеждает. Однако тут работает, как сказали бы астрономы, «селекция наблюдений» — о тех многочисленных, кто не стал и не победил, мы не знаем. Понятно, что, если придуман действительно новый материал или технология, они необязательно будут сразу хорошими — но существенная новизна дает шанс. Тем не менее аддитивные технологии известны давно, термо- и фотополимеризация — тоже. В 3D-технологиях — как это ни обидно — нет того нового, что может через десять лет сделать революцию.

Некоторые энтузиасты говорят, что в перспективе изменится вся техника — все на свете будет производиться индивидуально, серийность как таковая скончается. Идея красивая, но это фантастика, потому что серийность и высокая скорость производства нужны не для того, чтобы снизить стоимость изделия, как пишут наивные фантазеры, — а просто потому, что человечество расходует именно столько изделий. Ну а вторая причина — разнообразие материалов, это мы уже обсуждали в примере № 3.

## Пять этапов ожидания

На сверхпластичности и водородной энергетике свет клином не сошелся. В мире есть много другого! Один из способов бесплатно оценить перспективы той или иной информационной технологии — это заглянуть на сайт фирмы «Gartner» или поискать в Интернете материалы о ней. Это исследовательская и консультационная компания, специализирующаяся на рынках информационных технологий. Она известна введением в практику методов исследований и регулярными исследованиями рынков информационных технологий и аппаратного обеспечения. В 1995 году она предложила понятие «цикл зрелости технологий» (англ. Hype cycle, он же «цикл шумихи» или, более вежливо, «цикл ожиданий от технологии»). Это понятие стало весьма популярным и сегодня используется не только применительно к компьютерным технологиям — оно неплохо изображает, например, динамику интереса к той или иной области научных исследований. И там тоже некоторые темы вдруг становятся остромодными, привлекают внимание публики и грантовых комитетов, затем наступает разочарование, а потом выясняется, что новое открытие, хотя и не отменяет старость, все-таки помогает лечить отдельные болезни...



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

«Цикл зрелости технологий» состоит из пяти этапов:

- технологический триггер — появление инновации;
- пик раздутых ожиданий — шумиха в прессе, смелые прогнозы, ожидание чудес;
- избавление от иллюзий — выявляются недостатки, утрачивается новизна, тон публикаций становится критическим;
- преодоление недостатков — интерес к технологии возвращается, начинается ее внедрение;
- плато продуктивности — технология воспринимается как данность, известны ее достоинства и ограничения.



Ясно, что не каждая технология проходит все пять этапов. Многие не достигают четвертого, а кто-то погибает сразу после первого. Однако в каждый момент времени каждую технологию можно поместить на определенный участок этого графика, что и делают аналитики «Gartner», тем самым давая и прогноз для нее. Например, 3D-печать сейчас выходит на плато продуктивности, а Интернет вещей, похоже, перевалил через пик. Так что дело не в том, порошок ли это металлургия или что-то модное из компьютерной области — дело в нашей с вами психологии. Слаб человек, хочется ему чудес.

## Общие рекомендации

Итак, посмотрев на все эти примеры, что мы можем в итоге рекомендовать человеку, придумавшему какую-то замечательную идею либо созерцающему/слушающему очередной восторг по поводу очередного эпохального, не имеющего аналогов, с высочайшими характеристиками и так далее?

Три правила:

- рассматривать всю производственную цепочку, точнее, весь граф;
- рассматривать все окружение, всех соседей;
- рассматривать реальную конкуренцию.

Техника состоит из связей материалов, деталей, конструкций, изделий. Связи эти множественны, это не цепочки, хотя для упрощения так часто говорят, а именно граф. Начинается все, грубо говоря, с добычи руды, с нефти, с травы, которая растет на пастбище, с рыбы в море. А кончается даже не той или иной удовлетворенной человеческой потребностью, а

утилизацией изделия. И не стоит забывать про хранилища радиоактивных материалов, барханы автомобильных шин и соответствующие расходы. Так что, оценивая перспективы материала, технологии или конструкции, полезно представить себе, как это новое встроится в существующий всеобщий граф производства — откуда и по какой цене возьмутся материалы и далее со всеми остановками, включая утилизацию. И не забывая про загрязнение среды — но там, где это доказано, а не там, где это политические игры.

Второе правило — про рассмотрение окружения. Любой материал, деталь, конструкция, изделие существует в окружении. Программисты говорят — программа подружилась с такой-то системой или нет? Врачи спрашивают о биосовместимости металла или пластика. В технике тоже есть нечто аналогичное. Общеизвестный пример — электромагнитная совместимость: слышали, наверное, «при взлете и наборе высоты выключите электронные приборы». Если что-то выделяет тепло — как оно повлияет на соседей? Если есть трение и износ — что с продуктами этого износа? Просто контакт разнородных материалов: вот трубы из нового замечательного материала — но что будет происходить на местах контакта с остальной системой? А еще есть окружающая среда — газовый состав, влажность, температура, разные излучения — и все это влияет.

Третье правило — рассматривать реальную конкуренцию, то есть сравнивать не с чем-то простеньким, не с «мальчиком

для битья», а с тем материалом, той технологией и тем изделием, причем на том самом рынке, где это новое попытается выжить. Тут есть, конечно, некоторая несправедливость — новое должно быть не просто лучше старого (если оно реально лучше, со всем хорошо сочетается и так далее), а лучше настолько, чтобы окупилась расходы на изменения. Простейший контрпример — вавилонское наше наследие, 60 минут в часе: может, 100 было бы удобнее, но представьте себе расходы на переделку всего. Да, и еще не забудьте принять во внимание расходы на обслуживание за весь срок службы и сам этот срок — он тоже имеет значение.

Стоит ли анализировать этими способами каждое новое восторженное сообщение из прессы, да еще учитывая, как предложено выше, физические ограничения? Да с размышлениями, есть ли что-то принципиально новое? Да еще с непонятно какой определенностью? Мало кого воодушевит такая задача. Есть, впрочем, две ситуации, когда вам придется этим заняться. Первая — если вы размышляете, в какой стартап вложить свои миллионы. Вторая — вы сами стартап и, отправляясь за миллионами, пытаетесь придумать убедительное обоснование.

Конечно, это необязательно. Можно просто восхищаться красивыми словами, за которыми нет какого-либо содержания. По крайней мере, в этом случае не нагружается мозг, экономится энергия, и, значит, это биологически целесообразно.



# Синхронизация МОЗГОВ

ЭКСПЕРИМЕНТ

Любая деятельность человека сопровождается изменением электрической активности его мозга, и, стало быть, глядя на эту активность, можно определить, что это за деятельность. По крайней мере, в теории. Например, глядя на активность мозга при разговоре, можно зафиксировать факт произнесения человеком букв и предложений. Исследования нейрофизиологических основ речи привлекают многих исследователей. Так, специалисты из Баскского центра сознания, мозга и языка под руководством Алехандро Переса установили, что мозги участников разговора оказываются во взаимной зависимости, механизм и последствия которой пока что непонятны («Scientific Reports», 2017, 7: 4190; doi: 10.1038/s41598-017-04464-4).

Факт связи ритмов мозга и ритмов фраз, долетающих до ушей слушателя, известен нейрофизиологам по меньшей мере лет десять. Примерно столько же они изучают изменения ритмов мозга при различных взаимодействиях людей в социуме. Испанские исследователи поставили своей целью проверить, только ли звучание чужой речи влияет на ритмы мозговой активности.

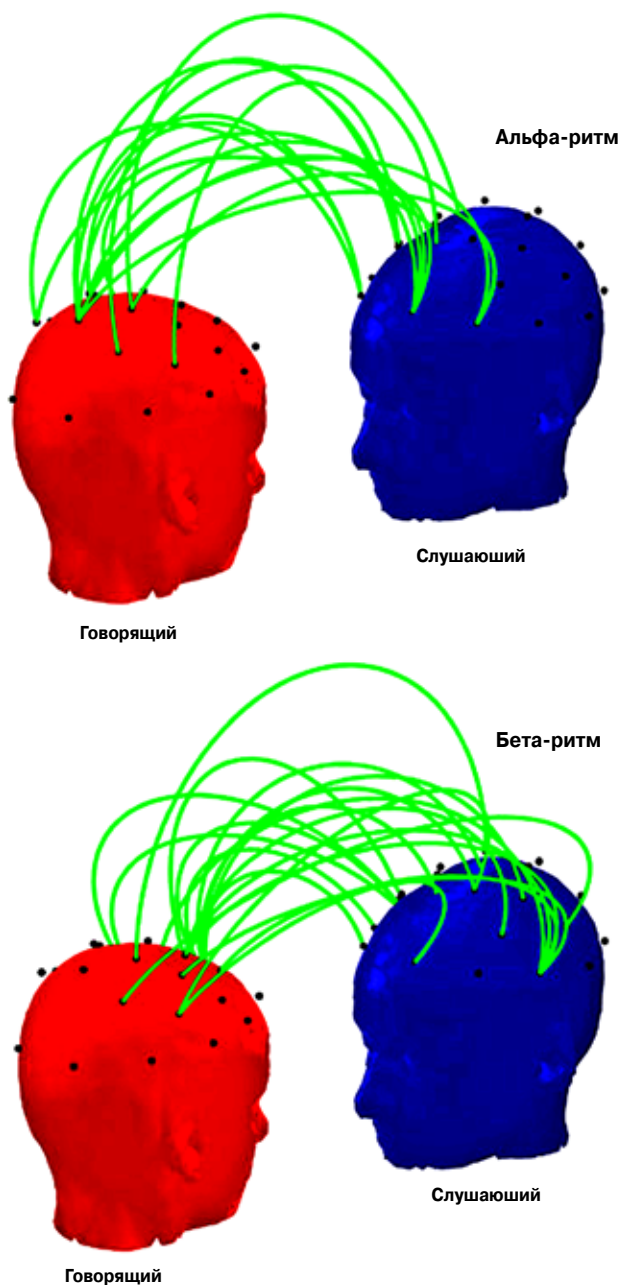
Добровольцев разбили на пары таким образом, чтобы в каждой были незнакомые ранее люди примерно одного возраста. Пары сидели перед компьютерами и вели разговор, причем собеседники были разделены перегородкой, чтобы не видеть друг друга. Компьютер же указывал, кто из пары будет говорить. Каждый монолог длился 90 секунд, затем

следовали отдых и проверка, насколько внимательным был слушатель, — за верные ответы на вопросы о содержании речи он получал немного денег. Участники обсуждали пять тем: спорт, фильмы, животные, путешествия, музыка. На всем протяжении опыта у них снимали электроэнцефалограммы (ЭЭГ), а потом начиналось самое интересное: математическая обработка результатов.

ЭЭГ снимают с помощью двух десятков электродов, закрепленных на голове, причем каждый дает свою кривую электрической активности мозга. Эта кривая выглядит сложно, но из нее можно выделить несколько ритмов, которые различаются частотами и амплитудами. Испанские исследователи работали с альфа-, бета-, дельта- и тета-ритмами. Тета- и дельта-ритмы — низкочастотные, 4—8 и 0,5—4 Гц соответственно. У животных, например, крыс, тета-ритм появляется, когда в мозгу созревает намерение совершить какое-то движение — ритм фиксируют за микросекунды до самого движения. У человека выявить связь тета-ритма с какими-то ситуациями сложнее, поскольку крысе можно вживить электрод в мозг, а у человека данные, поступающие через кожу, оказываются несколько смазанными. Дельта-ритм, как правило, возникает во сне, но со слабой амплитудой может появляться и при умственной работе. Альфа-ритм с частотой от 8 до 14 Гц присутствует у бодрствующего человека, когда он расслаблен и не думает, особенно если сидит с закрытыми глазами; при повышении внимания или мыслительном процессе этот ритм ослабляется. А вот бета-ритм с частотой 14—30 Гц, наоборот, присущ активному бодрствованию и особенно усиливается при мыслительном процессе.



## ЭКСПЕРИМЕНТ



*В диапазонах альфа- и бета-ритмов у говорящего и слушающего оказываются синхронизированы разные области мозга. Поскольку при этом они не синхронизированы собственно с речью, возникает подозрение: тут идет обработка какого-то иного сигнала («Scientific Reports», 2017, 7: 4190; doi: 10.1038/s41598-017-04464-4)*

Чтобы выяснить, как на активность мозга влияют разговоры, исследователи прежде всего постарались найти синхронизацию в ритмах мозга и речи. В принципе, поскольку речь ритмична, какую-то степень синхронизации всегда можно обнаружить. Поэтому авторы работы использовали хитрую методику — для каждого из 27 электродов рассчитывали синхронизацию в двух случаях: сравнивали активность мозга с той речью, что звучала в данный момент, и с той, которую произносили во время другого сеанса. Затем находили разницу между полученными значениями и, если она была велика, отмечали, что для этого электрода синхронизация есть.

Естественно, синхронизацию обнаружить удалось: для дельта-ритма — на всех электродах обоих собеседников, для тета-ритма — на всех электродах у говорящего и лишь на восьми у слушающего. С другими ритмами вышло интересное: на альфа-ритм разговор действовал только у говорящего,

что проявилось в 18 электродах, а синхронизация бета-ритма проявилась лишь в 3—4 электродах обоих собеседников.

Это все неудивительно, ведь дельта-ритм соответствует ритмике крупных лингвистических форм — предложениям, а тета-ритм — одинаковым слогам, периодически появляющимся в речи. Есть мнение, что синхронизация мозга с речью отчасти может быть вызвана механическим движением челюстей, но такое объяснение не срабатывает для слушающего — он-то челюстями не двигает. Однако, действительно, оба собеседника слушают звуки речи, и соответствующие механические колебания мембран в ушах могут вызывать синхронизацию их мозгов с речью, а через это — и друг с другом. Именно второе явление изучали во второй части работы.

Тут результат оказался интереснее. Синхронизацию ритмов выявляли по парам электродов (сравнивали один у говорящего и один у слушающего), всего в сравнении участвовало 729 пар. При расчете опять рассматривали различие в синхронизации между настоящим диалогом и составленным из данных для разных сеансов. Искомая синхронизация проявилась не особенно часто — в 123 парах, а именно 14 в дельта-, 49 в тета-, 28 в альфа- и 32 в бета-диапазонах. А затем из этого массива убрали все, что могло быть вызвано синхронизацией ритмов мозга непосредственно с речью. В диапазонах дельта- и тета-ритмов ожидаемо ничего не осталось, а вот в альфа- и бета-диапазонах синхронизация сохранилась. В первом случае это были 15 пар электродов, которые у говорящего располагались в передней части головы, а у слушающего — в центральной части; во втором — 20 пар электродов, в передней части у говорящего и в височных областях у слушающего (см. рис.). Получается, что некоторые мозговые ритмы синхронизируются независимо от звуков речи, под действием каких-то других факторов. Причем синхронно работают различные области мозга слушающего и говорящего.

Предложить объяснение исследователи из группы Алехандро Переса затруднились и предпочли пойти по пути методических рассуждений: полученный результат доказывает справедливость теоретических построений о том, что мозг человека в коллективе себе подобных работает иначе, нежели в одиночестве. И речь как таковая в этом случае оказывается не единственным каналом передачи сообщений между людьми. Если дословно: «Вербальную коммуникацию нужно рассматривать не просто как сумму продукции и восприятия звуков; коммуникативное взаимодействие следует воспринимать как автономный процесс, на который воздействуют и участники, и ситуация». Это обстоятельство требуется непременно учитывать в опытах по изучению вербальной коммуникации и вообще взаимодействий в социуме, которые надо ставить в более естественной среде, нежели психологи это обычно делают.

Ну а со стороны обнаруженная синхронизация мозгов разговаривающих людей может выглядеть как проявление работы некоего канала прямой передачи информации от мозга к мозгу.

**С.Анофелес**

# Звук, доходящий до сердца

**В.А.Острогорская,**

Российский кардиологический  
научно-производственный комплекс

*Он видел, как над раскрытой книжечкой вращается полупрозрачное человеческое сердце. Его сердце. Оно билось, изредка заикаясь, вместе с перепуганным сердцем Дина, а государь движением большого пальца по краю стола поворачивал его в воздухе, и выражение лица у него было кислое и не обещающее ничего хорошего. Потом он захлопнул книжечку, и прозрачное сердце пропало.*

Любовь Федорова. Путешествие на абсолютный полдень

Можно ли заглянуть внутрь живого человека, не прикасаясь к нему скальпелем? Оказывается, можно, причем безопасно для него, и сколько угодно раз, и независимо от его состояния. Да хоть во сне!

## Плюсы и минусы

Эхокардиография (эхоКГ) — это диагностическое исследование сердца и крупных сосудов с помощью ультразвука, частный случай УЗИ. Метод основан на отражении от органов и тканей ультразвуковых колебаний, направляемых на сердце. Его главные свойства как диагностического инструмента таковы:

- ультразвук может быть направлен в виде луча;
- он отражается объектами малых размеров;
- он распространяется быстро.

Следствия очевидны: можно исследовать организм «поточечно», получать объемную картину, причем быстро, то есть в реальном времени наблюдать происходящие в организме процессы. Мышечная ткань, плотные соединительнотканые оболочки, тромбы, опухоли или уплотненные клапаны, содержащие кальций, имеют разную акустическую плотность. Сфокусированный же ультразвук позволяет различать эти ткани по их акустической плотности, что дает дополнительные возможности для диагностики.

Недостаток метода — ультразвук плохо распространяется в газе, а от твердых сред почти полностью отражается. Поэтому легочная ткань, ребра и протезы клапанов мешают исследованию, его приходится проводить в «акустическом окне», например заглядывая в сердце между ребрами и обходя легкие. А чтобы между датчиком (излучателем и приемником) и телом пациента не было воздушной прослойки, кожу смазывают специальным гелем.

При тех мощностях, которые используются для исследования, ультразвук абсолютно безвреден, поэтому исследование можно повторять как угодно часто — иными словами, наблюдать за пациентом в течение длительного времени, оценивать результаты лечения, вовремя замечать неблагоприятное течение болезни. При этом эхоКГ можно провести при любом состоянии больного — даже очень тяжелом и бессознательном.



Метод относительно дешев, не вызывает каких-либо неприятных ощущений у обследуемого. Ультразвуковое исследование можно проводить и в том случае, если у пациента кардиостимулятор или клапанный протез с металлическими деталями, в отличие, например, от другого замечательного метода визуализации сердца — магниторезонансной томографии.

В целом ультразвуковые исследования сердца по частоте применения находятся на втором месте после регистрации электрокардиограмм. Сейчас трудно представить себе работу кардиолога без эхоКГ.

## Что может эхоКГ

Ультразвук позволяет визуализировать сердце, но это еще не то же самое, что увидеть его. Визуализировать — значит представить себе по графическому изображению отраженных сигналов действительные размеры и форму тех или иных органов, границы тканей. Правильная и глубокая расшифровка полученных данных, умение «увидеть» — вопрос опыта и таланта врача-специалиста. Ведь на формирование сигнала влияют многие обстоятельства, например форма грудной клетки обследуемого. Однако в итоге удастся определять размеры полостей сердца, описать сократимость (насосную функцию) и противоположную способность сердечной мышцы — к расслаблению; оценить состояние клапанов сердца, выявить рубцовые зоны, образовавшиеся в результате инфаркта миокарда.

Работа сердца — это последовательные циклы с чередованием фаз систолы (сокращение сердечной мышцы) и диастолы (ее расслабления). Во время диастолы желудочки сердца растягиваются и заполняются кровью, а во время систолы сокращаются и выталкивают ее. Чем полнее расслабление, чем лучше при этом заполнится желудочек, тем больший объем крови сердце отправит в периферические сосуды в фазе систолы.

Если из-за атеросклероза сужен просвет сосудов, то снижено снабжение сердца кровью. Это может привести к инфаркту, а после него пострадавшая часть мышцы сердца замещается рубцовой тканью, которая в меньшей степени, чем здоровая, способна сокращаться. Если же какой-то участок сердца вообще не сокращается, это называется «послеинфарктная аневризма». Чем обширнее рубцовые поля, не участвующие в сокращении сердца, тем ниже общая сократимость. Страдает насосная функция, а это одна из причин развития систолической (при сжатии) сердечной недостаточности. Но недостаточное расслабление сердца тоже может приводить к сердечной недостаточности, только диастолической (при расслаблении).

Таким образом, если врач видит у пациента признаки сердечной недостаточности, а причина неясна, он посылает его на ультразвуковое исследование сердца. Может оказаться, что у этого пациента недостаточность кровообращения систолическая — низкий сердечный выброс вследствие перенесенного инфаркта миокарда или воспалительного заболевания, миокардита например. А может оказаться, что диастолическая, связанная с недостаточным расслаблением из-за утолщения стенок желудочков.

Важнейший показатель, определяемый этим методом, — размеры полостей сердца. Левый желудочек сердца на рентгенограмме грудной клетки нередко выглядит увеличенным. Иногда это кажущееся увеличение — у полных людей высоко расположен купол диафрагмы (грудобрюшная преграда), и левый желудочек расплывается на нем. ЭхоКГ покажет его истинный размер.

Допустим, и на рентгенограмме, и на электрокардиограмме (ЭКГ) есть признаки увеличения левого желудочка сердца. Но за счет чего — утолщения стенок или растяжения полостей? Совершенно разные болезни, различить которые можно с помощью эхоКГ. По электрокардиограмме можно предположить, что сформировалась послеинфарктная аневризма сердца. Но тромб, выстилающий стенку аневризмы, покажет только ультразвук. Допустим, на ЭКГ обнаруживаются изменения, которые характерны для послеинфарктных рубцов. Однако такие же изменения могут быть и при значительном утолщении стенок левого желудочка сердца, и даже просто при физическом перенапряжении у спортсмена. Ультразвук эти ситуации различает.

При блокадах сердца, когда электрический сигнал в нем распространяется необычным путем или задерживается, конфигурация зубцов ЭКГ иногда так меняется, что скрывает рубцовые изменения. Та же трудность может возникнуть, если у пациента работает электрокардиостимулятор, — и в этом случае врача-кардиолога может выручить эхоКГ. Хотя блокады сердца тоже меняют условия визуализации, рубцовые зоны при ультразвуковом исследовании, как правило, определяются.

Ультразвук дает возможность обнаружить опухоли и тромбы в полостях сердца, найти направление и скорость потоков крови внутри полостей и крупных сосудов. Это значит, что можно диагностировать пороки сердца, как врожденные, так и приобретенные — ситуации, когда между полостями сердца есть лишние отверстия или клапаны работают неправильно.

## История вопроса

Метод ультразвуковой кардиографии предложили шведские ученые Инге Эдлер и Карл Херц в 1954 году. С 1959 года немецкие и американские ученые начали активно внедрять эхоКГ в клиническую практику. В СССР первые ультразвуковые исследования сердца проводил профессор В.В.Зарецкий во ВНИИ клинической и экспериментальной хирургии. В 1973 году группа ученых из Горьковского научно-исследовательского радиофизического института представила лабораторный образец отечественного эхокардиографа. В 1985 году В.В.Зарецкий вместе с этими разработчиками получил Государственную премию за создание эхокардиографа «Узкар». На отечественном портативном эхокардиографе «Аргумент» в 1984 году проводил исследования на орбитальной станции «Салют-7» врач и ученый О.Ю.Атьков. Потом он много лет возглавлял Российскую ассоциацию врачей ультразвуковой диагностики.

В СССР/РФ ультразвуковой диагностикой занимаются специалисты по ультразвуковой или функциональной диагностике. Надо сказать, что самостоятельная медицинская специальность «функциональная диагностика» существует только у нас. Раньше она называлась «клинической физио-



логией», а современное название появилось, когда новые научные открытия (рентген, ЭКГ и другие) позволили создать новые методы диагностики, более информативные и точные, чем осмотр, выслушивание (аускультация) или ощупывание (пальпация).

Медицинское образование в большинстве стран построено так, что, пройдя все этапы обучения, дипломированный врач может самостоятельно провести ультразвуковое исследование органов брюшной полости, эхоКГ, оценить рентгенограмму и ЭКГ (см. американский сериал «Скорая помощь»). Выпускники российских вузов, как правило, к этому не готовы. Чтобы овладеть этими методами, врачи могут пройти специализацию, обычно в системе последипломного образования, например двухгодичную ординатуру или первичную четырехмесячную специализацию по функциональной или ультразвуковой диагностике.

Врачей функциональной диагностики раньше именовали «врачи-терапевты по клинической физиологии». Для правильной интерпретации результата такой врач не только беседует с больным, выясняет жалобы и историю заболевания, но и оценивает внешние признаки болезни (цвет кожи, одышку, отеки) или конституцию (высокий рост, деформацию грудной клетки), иногда выслушивает сердце и сосуды, измеряет артериальное давление. Бывает, что функционалисту требуется сопоставить данные, полученные ультразвуковым методом, с электрокардиограммой или рентгенограммой обследуемого. Недостаточно включить даже самый современный аппарат и приложить к грудной клетке датчик, чтобы получить результат, интерпретировать его и записать для кардиолога или терапевта.

## Есть ли прогресс?

Можно ли говорить о прогрессе в изобразительном искусстве или музыке? Сейчас есть музыкальные инструменты с усилением звука, кроме того, люди научились извлекать странные звуки из хорошо знакомых музыкальных инструментов («подготовленный рояль»). Но Баха, кажется, никто не превзошел. Краски уже не готовят растиранием минералов вручную, но и Рембрандта никто не переплюнул. А могут ли современные диагносты превзойти Боткина и Пирогова?

Корифеи медицины методом выслушивания тонов и шумов сердца, конечно же с осмотром и опросом больного, в большинстве случаев правильно диагностировали пороки сердца. Правда, ставить диагноз тогда было в некотором смысле проще — болезней и о болезнях было известно меньше.

В 40-х годах XX века возникла фонокардиография — усиление и запись тонов и шумов сердца. Микрофоны располагались на грудной клетке, в точках максимальной слышимости тонов и шумов. Диагностика стала объективнее (у кого-то стетоскоп лучше, а кто-то глуховат), и по записи можно было определить, через какие клапаны сердца нарушен кровоток.

Но вот появилась эхоКГ, и функционалисты буквально прозрели. Получилось визуализировать внутрисердечные потоки крови (об этом мы еще поговорим) — на экране потоки раз-

ного направления и скорости показаны различными цветами; можно определить, турбулентный поток или ламинарный. Значит ли это, что фонокардиография и аускультация стали не нужны? Нет, не значит. Иногда в смешении разноцветных потоков бывает трудно разобраться, а выслушивание сердца фонендоскопом подсказывает верное решение.

Так или иначе, ультразвуковая визуализация движущихся структур многое прояснила в формировании и развитии болезней сердца. Аппаратура и методики исследований совершенствуются, сегодня можно получать трехмерную картину в режиме реального времени. Возникают новые методы, совершенствуются старые, и в этом смысле прогресс есть.

## Физика и техника

Звук — это распространение колебаний в упругой среде. Поскольку человек содержит значительное количество жидкости, в нем могут распространяться только продольные колебания. В эхоКГ используется диапазон частот 2—15 МГц. Скорость распространения звука зависит от упругости (модуля Юнга) и плотности среды; в мягких тканях человека она в среднем равна 1540 м/сек, в костной ткани — 3370 м/сек. На границе сред с разной акустической плотностью звук преломляется, отражается и теряет часть энергии.

Ультразвук (УЗ) более высокой частоты, с меньшей длиной волны, может отражаться от объектов меньшего размера, то есть метод будет иметь большую разрешающую способность. Звук с частотой 2 МГц уже позволяет уловить отчетливые эхосигналы от границ раздела, находящихся приблизительно в 1 мм друг от друга.

Разрешающая способность УЗ в направлении, перпендикулярном ходу луча, называется боковой, или латеральной. Она зависит от ширины луча в зоне исследования — чем луч уже, тем лучше латеральное разрешение. Обычно она в два-три раза хуже продольной разрешающей способности. Чем больше частота УЗ, тем меньше ширина луча, а значит, лучше разрешающая способность, но меньше глубина проникновения.

Ультразвук надо создать, сгенерировать и направить, а отраженный сигнал — принять. В 1880 году братья Пьер и Жак Кюри открыли пьезоэффект. Они обнаружили, что при сжатии кристалла кварца образуется электрическое поле, и наоборот, если приложить к кристаллу электрическое поле, он деформируется. Если приложено электрическое поле достаточной частоты, то в окружающее пространство будет излучаться ультразвук. А под воздействием отраженной волны кристалл деформируется, и на нем появится электрическое напряжение.

Современные датчики содержат не один, а много кристаллов, расположенных в виде решетки. Она формирует острый луч, а изменяя фазы поданных на кристаллы переменных напряжений, можно этот луч поворачивать. Аналогичный метод применяется в радиолокации, только не с ультразвуком, а с электромагнитным излучением; соответствующая антенна называется «фазированной антенной решеткой».

Итак, ультразвук прямолинейно распространяется в гомогенной среде до границы раздела сред с разным акустическим сопротивлением. От границы он отражается, причем интенсивность эхо-сигнала зависит от того, какая доля мощности отразилась. Полученные сигналы могут быть графически представлены точкой на экране осциллографа. Если развернуть этот точечный сигнал во времени, получится прямая линия. Изменение глубины положения изучаемой точки (например, на движущемся клапане) графически выразится волнистой линией, потому что точка то приближается к датчику, то удаляется от него. Так получается изображение в режиме, который принято называть одномерным, — оно дает представление о движении структур сердца, пересекаемых ультразвуковым лучом.

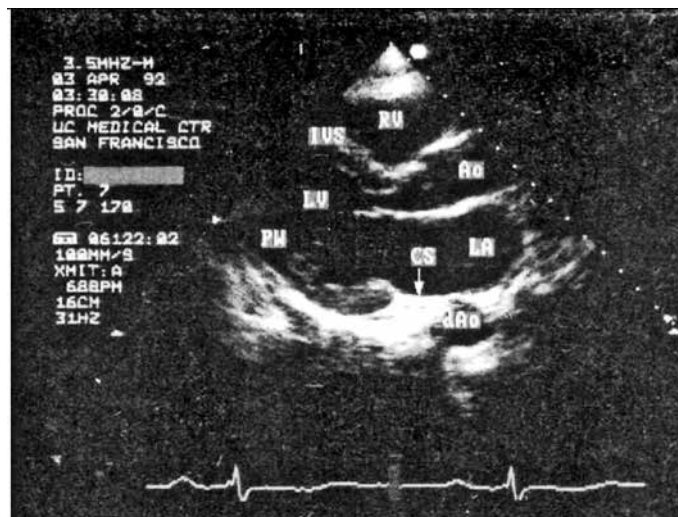
Двухмерный режим дает изображение в реальном времени. Для этого производится сканирование в секторе 60—90°. Именно такие изображения чаще всего можно увидеть в видеороликах на медицинских сайтах: движущийся «срез» живого органа.

В настоящее время, с появлением цифровых технологий, стало возможно проводить исследования в трехмерном режиме, когда прибор предъявляет объемное изображение, в том числе — и в реальном времени, движущееся (в медицине его, чтобы отличить от трехмерного статического, называют «четырёхмерным»).

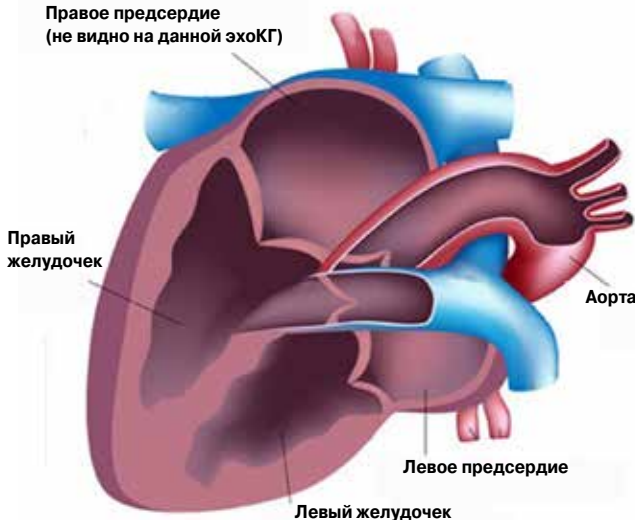
А теперь рассмотрим несколько конкретных примеров.

## Три измерения сердца

На первом рисунке мы видим изображение аорты Ao, левого предсердия LA, межжелудочковой перегородки IVS, левого желудочка LV, правого желудочка RV, задней стенки левого желудочка PW. (Источник изображений, если он не указан отдельно: Н.Б.Шиллер, М.А.Осипов. Клиническая эхокардиография. М.: Практика, 2005.) Внизу показана кардиограмма, прямоугольная отметка — момент, когда была сделана эхоКГ.



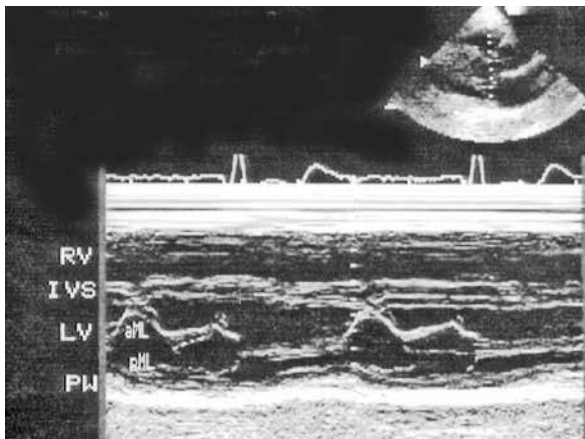
Правое предсердие  
(не видно на данной эхоКГ)



Схематическое изображение сердца в ракурсе, аналогичном изображению на эхоКГ вверху

На следующем рисунке — изображение левого желудочка в режиме развертки во времени. Видны правый желудочек RV, межжелудочковая перегородка IVS, передняя aML и задняя pML створки митрального клапана, задняя стенка

левого желудочка PW. Здесь представлены два сердечных цикла. Полость левого желудочка увеличивается во время диастолы и уменьшается во время систолы. В верхней части рисунка показано, через какие структуры проходит «секущая плоскость». М-образная структура в полости левого желудочка — передняя створка митрального клапана. Она то приближается к датчику, то удаляется от него, что графически выглядит, как буква М.



Специалистам, конечно, хотелось добавить изображению сердечных структур объемность. Это позволило бы определить, например, форму тромба или опухоли, границы отверстия, через которое проходит шунтирующий поток крови, узнать соотношение объемов полости сердца и потока крови, ее заполняющего. Можно было бы точнее узнать объем самой полости или аневризмы.

Сегодня трехмерное изображение получают с помощью «матричного» датчика, который отправляет и принимает УЗ-сигналы по многим направлениям изучаемого объема. Он состоит из 3000 активных УЗ-элементов и 150 процессоров. Система высокоскоростной обработки информации позволяет видеть на экране трехмерное изображение в реальном времени.

Современные ультразвуковые системы дают изображения сердца в трех режимах: «живая» трехмерная эхоКГ (live 3D) — в объеме конуса с углом 30°, трехмерная эхоКГ в полном объеме (full-volume) — с более широким углом лоцирования (пирамида 80°x80°) и трехмерное цветовое картирование (3D color).

В трехмерном режиме хорошо видны внутрисердечные тромбы (на картинке он показан стрелочкой) и опухоли, дефекты внутрисердечных перегородок.



<http://medbe.ru/upload/medialibrary/48c/112.jpg>

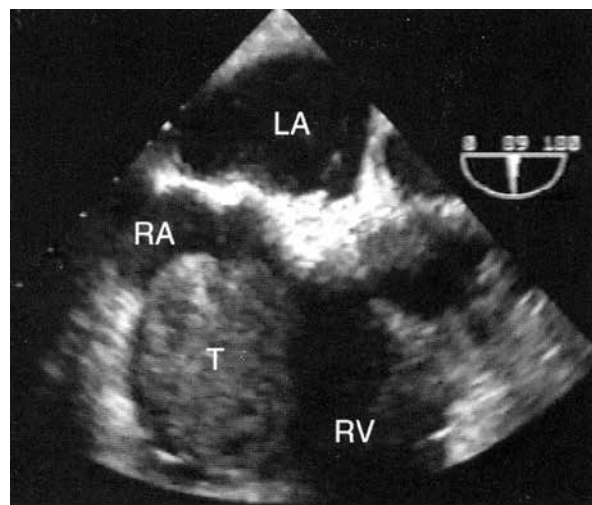


## ТЕХНОЛОГИИ

Вот еще нерадостная находка — дефект межжелудочковой перегородки, образовавшийся в результате инфаркта миокарда (обозначен стрелкой), а рядом тромб (справа сверху от стрелки).



А на этом рисунке — опухолевое образование в правых полостях сердца, обозначенное буквой Т (от tumor — опухоль).



## Вариации метода

Для понимания нормальных и патологических процессов, происходящих в сердце, врачам необходимо исследовать внутрисердечные потоки крови: их направление, скорость и другие характеристики. В этом им помогает эффект Доплера: частота звука, отраженного движущимся объектом, зависит от скорости движения объекта, а сдвиг частоты пропорционален скорости движения объекта.

Первое применение этого эффекта для изучения внутрисердечного кровотока описал Дэн Франклин в 1961 году. В кардиологии его начали использовать с 80-х годов. В совре-



менных эхокардиографах используется цветное доплеровское картирование — окрашивание изображения потоков крови внутри сердца разными цветами. Ламинарный поток по направлению к датчику изображается красным, от датчика — синим. Ускоренный поток становится желтым, высокоскоростной турбулентный поток — мозаичным.

В ламинарном потоке крови эритроциты движутся в одном направлении, с одинаковой скоростью: таков кровоток через неизмененные клапаны и в сосуде нормального калибра, с неповрежденными стенками. В турбулентном же потоке эритроциты движутся в разных направлениях с различной, обычно высокой, скоростью. Турбулентным поток становится, когда кровь проходит через суженное отверстие: например, в сосуде, просвет которого уменьшен атеросклеротическими бляшками, либо через небольшое отверстие (дефект) мышцы сердца или между спаянными ревматическим процессом створками клапанов. Благодаря цветному сканированию исследователь сразу же получает всю необходимую информацию: каковы направление, скорость, степень турбулентности потоков. Во многих случаях это дает полное представление о нарушении внутрисердечного кровообращения, а для кардиолога — почти готовый диагноз.

Доплеровское исследование сердца основано на отражении ультразвука от движущихся эритроцитов. Однако помимо форменных элементов крови в сердце есть и другие движущиеся структуры: створки клапанов, сосочковые мышцы, стенки желудочков и предсердий. Хотя при отражении от них частота ультразвукового сигнала также изменяется, существуют характерные отличия: сигнал, отраженный от эритроцитов, имеет низкую амплитуду, но высокую частоту, в то время как сигнал, отраженный от тканевых структур сердца, отличается высокой амплитудой, но низкой частотой.

На современных эхокардиографах исследование методом тканевого Доплера можно проводить в различных режимах, в том числе в режиме цветного картирования. Как и при обычном цветном доплеровском картировании, в этом режиме объекты, движущиеся в сторону датчика, окрашиваются в красный цвет, от датчика — в синий. Более яркие оттенки цветов соответствуют более высоким скоростям. В двухмерном режиме цвета накладываются на обычное двухмерное изображение. Так можно увидеть скорость движения структур сердца в разных слоях сердечной мышцы и различных ее участков, что помогает объективно оценивать сократимость, другими словами, выявлять участки сниженного кровоснабжения миокарда. Это очень важно для выявления зон «гибернарованного», или «оглушенного», миокарда — сохранивших жизнеспособность и сократительную способность клеток, находящихся среди необратимо измененных клеток миокарда в послеинфарктном рубце. В ответ на стресс, например физическую нагрузку или введение лекарств, увеличивающий потребность сердца в кислороде, увеличивается скорость движения участков миокарда, но значительно меньше в рубце, чем в «оглушенном» миокарде. Чтобы в этом разобраться, применяется стрессэхоКГ. Обследуемый выполняет дозированную нагрузку, обычно лежа

на велоэргометре, и при этом регистрируют не только ЭКГ, но и определяют зоны сниженной сократимости по эхоКГ, если они появляются.

На всякий случай напомним: результат ультразвукового исследования может быть полезным только врачу, который надеется получить ответы на конкретные интересующие его вопросы. Не стоит бежать на ультразвуковое исследование сердца, если вы испытываете дискомфорт, неприятные ощущения в грудной клетке, стали задыхаться при ходьбе. Что вы предпримете, когда получите результат? Начнете бегать трусцой, будете лежать в постели, не шевелясь, или станете вегетарианцем?

Правильнее будет пойти к врачу — специалисту по внутренним болезням или кардиологу. Может быть, ему даже не понадобится эхоКГ, чтобы рекомендовать вам принимать препараты железа, после чего все ваши неприятные симптомы исчезнут. Один литературный персонаж прочел медицинский справочник и нашел у себя симптомы всех болезней, кроме родильной горячки (плохо искал. — *Примеч. ред.*). Сейчас каждый может отыскать в Интернете самые модные болезни и самые современные методы их диагностики. Но не стоит думать, что человек без медицинского образования может составить план обследования и вылечить себя сам, заглядывая в Интернет. В лучшем случае он облегчит свой кошелек, а в худшем ему не смогут потом помочь врачи.

Однако понимание того, что именно изображено на картинке в вашей медицинской карте и как эта картинка была получена, никому еще не повредило.

## Перспективы

ЭхоКГ не так давно появилась, но сколько диагностических возможностей в кардиологии уже открыто и открывается! Совершенствуется аппаратура, совершенствуется метод. Когда он был предложен в середине прошлого века, разве можно было вообразить, что через полвека врачи сумеют заглянуть в сердце плода? А теперь это более-менее рутинное исследование.

Легочная ткань плохо пропускает ультразвук, и для исследования сердца ее всегда старались обходить. А сейчас пытаются ультразвуковым датчиком лоцировать именно легочную ткань, чтобы найти признаки задержки в ней жидкости из-за сердечной недостаточности, и уже получены обнадеживающие результаты.

Сами аппараты тоже совершенствуются. Улучшается визуализация, что позволяет обследовать пациентов с «плохими» акустическими окнами из-за повышенной воздушности легочной ткани или с избыточным весом. Появились портативные эхокардиографы, с которыми можно проводить обследования где угодно. Попутно углубляются знания врачей и ученых о работе сердца.

Применение компьютеров в ультразвуковой диагностике можно разделить на два направления. Первое — компьютерная обработка изображений, чтобы сделать их более информативными для человека. Это традиционная и, вероятно, неизбежная ситуация — сигналы от сотни датчиков может обработать, разумеется, только компьютер. Но он в данном случае используется только как супервычислитель, а за сами методы ответственна скорее математика, теория связи и другие смежные области. Второе направление — это то, что традиционно называют «распознавание образов». Прогресс в этом направлении пока невелик, хотя, скажем, в рентгенодиагностике некоторых заболеваний были получены весьма серьезные результаты.

А может быть, в далеком будущем всю диагностическую работу можно будет доверить суперсовременному эхокардиографу и обойтись без врача? Не думаю.



**Боб Холмс**  
Вкус: Наука о самом малоизученном человеческом чувстве  
Перевод с английского: Ирина Евстигнеева  
Альпина Паблишер, 2017



**М**ы наслаждаемся изысканной едой, но ничего не знаем о том, как взаимодействуют наши вкусовые рецепторы и обоняние, осязание, зрение и даже наши ожидания. А ведь именно эти сложные взаимосвязи и создают то, что мы называем вкусом.

Перед вами своего рода путеводитель по миру вкуса, от нейробиологии до науки производства продуктов питания. Книга поможет вам разобраться, что такое вкус и как использовать знания о его механизмах для обогащения своего гастрономического опыта. Предупреждаем: после прочтения книги все вкусное может стать еще вкуснее.

**Тим Скоренко**  
Изобретено в России: История русской изобретательской мысли от Петра I до Николая II  
Альпина нон-фикшн, 2017



**В**многочисленных справочниках и списках русских изобретений чаще всего не упоминается три четверти замечательных идей, рожденных отечественной изобретательской мыслью, зато обнаруживается, что мы придумали самолет (конечно, нет), велосипед (тоже нет) и баллистическую ракету (ни в коем случае). У этой книги две задачи: первая — рассказать об изобретениях, сделанных в разное время нашими соотечественниками, — максимально объективно, не приуменьшая и не преувеличивая их заслуг; вторая — развеять многочисленные мифы и исторические фальсификации, связанные с историей изобретательства.

**Эдвард Уилсон**  
Будущее Земли: Наша планета в борьбе за жизнь  
Перевод с английского: Сергей Чернин  
Альпина нон-фикшн, 2017



**К**нига известного американского социобиолога Эдварда Уилсона — сигнал бедствия и одновременно конкретный план действий. Показывая непрерывный процесс вымирания различных видов животных, растений, беспозвоночных и микроорганизмов, автор предупреждает: мы одну за другой «отпиливаем ветки с древа жизни». Ставший властелином планеты в одно мгновение, по геологическим меркам, наш вид успел катастрофически повлиять на весь природный мир, и последствия этого влияния для биосферы, для всей экосистемы Земли и самого человека губительны. Однако Уилсон видит выход и предлагает достижимую цель.

**АНО**  
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН



КНИГИ

**Джо Мерчант**  
Антикитерский механизм: Самое загадочное изобретение Античности  
Перевод с английского: Петр Дейниченко  
Альпина нон-фикшн, 2017



**И**стория Антикитерского механизма, названного так в честь греческого острова Антикитера, у берегов которого со дна моря были подняты его обломки, полна темных пятен. Многие десятилетия он хранился в Национальном археологическом музее Греции, не привлекая к себе особого внимания. В научном мире о его существовании знали, но даже ученые не могли поверить, что это не мистификация и поразительный механизм, использовавшийся для расчета движения небесных тел, действительно дошел до нас из глубины веков. Только благодаря энтузиазму немногих ученых, которые не смогли пройти мимо этой загадки, удалось датировать механизм и сделать его реконструкции. Сейчас можно говорить о том, что его тайна наконец раскрыта. Тем не менее работа по исследованию «первого компьютера» далека от завершения.

**Майк Маллейн**  
Верхом на ракете. Возмутительные истории астронавта шаттла  
Перевод с английского: Игорь Лисов  
Альпина нон-фикшн, 2017



**В**оспоминания американского астронавта Майкла Маллейна посвящены одной из наиболее ярких и драматичных страниц покорения космоса — программе многоэтапных полетов «Space Shuttle». Опередившая время и не использованная даже на четверть своих возможностей система оказалась и самым опасным среди всех пилотируемых средств в истории космонавтики. За 30 лет было совершено 135 полетов. Два корабля из пяти построенных погибли, унеся 14 жизней. Как такое могло случиться? Почему великие научно-технические достижения несли не только победы, но и поражения? Маллейн подробно описывает период подготовки и первое десятилетие эксплуатации шаттлов. Эту искреннюю книгу, часто грубоватую и совершенно неполиткорректную, без преувеличения можно назвать портретом эпохи.

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

# Взгляд из глубины

**В**нутриутробная жизнь полна впечатлений. Их доставляют плоду развивающиеся органы чувств. На 17-й неделе беременности будущий ребенок реагирует на громкие звуки, начиная с 18-й целенаправленно ощупывает свое тело, а если у него есть близняшка, с огромным интересом исследует соседний плод (см. «Химия и жизнь», 2011, 10). На 26-й неделе включается обоняние.

Зрение начинает функционировать позже, к концу шестого месяца: ребенок отворачивается и жмурится, если на живот матери попадает яркий свет. К 31-й неделе глаза полностью сформированы, во сне закрыты, во время бодрствования открыты, плод периодически моргает, а на яркий свет реагирует сужением зрачка. Он мог бы, наверное, рассматривать свои ручки и ножки, если бы туда, где он находится, проникало достаточно света. Но ведь в материнской утробе обычно темно? В этом случае складывается парадоксальная ситуация: плод в состоянии осязать, слышать и обонять, а видеть не может, несмотря на полностью развитую зрительную систему. А о том, что она развита, говорят наблюдения за детьми, родившимися досрочно, через 30—32 недели беременности. В этом возрасте они, как и зрелые младенцы, уже фиксируют взгляд на предметах, которые привлекают их внимание.

Пренатальный сенсорный опыт может влиять на поведение новорожденных, становление их социальности и когнитивных способностей, неудивительно, что внутриутробное развитие органов чувств привлекает внимание психологов. Несколько лет назад доцент Туринского университета, психолог Марко дель Джудиче опубликовал статью под названием «Один в темноте?» («Developmental Psychobiology» 2011, 53, 214—219, doi: 10.1002/dev.20506). Ученого интересовало, сколько света на самом деле проникает в матку и что там можно разглядеть.

Марко дель Джудиче измерил количество света, проходящее через разные биологические ткани (кожу, жировую прослойку и мускулатуру) и через разные виды одежды, и на основании полученных данных рассчитал внутриутробную освещенность. Ткани он использовал птичьи, причем для консультации пригласил врача, который помог выбрать образцы, по цвету и текстуре более всего напоминающие жир и мышцы человека. В последнем триместре беременности, когда материнский живот растягивается, общая толщина тканей у большинства женщин варьирует от 20 до 40 мм, включая стенку матки. Кроме того, имеет значение цвет материнской кожи. Модель предполагает, что кожа светлая и сквозь нее до плода дойдет от 1 до 0,1% света, в зависимости от толщины тканей (рис. 1).

Исследования новорожденных, в том числе появившихся на свет раньше срока, показали, что они лучше всего видят при 50 лк — так освещает комнату тусклая лампочка. Минимальная освещенность, при которой младенец (и плод) в состоянии что-то разглядеть, — 10 лк; взрослый при таком свете разбирает коротенький текст. Согласно данным Марко дель Джудиче, в комнате при искусственном освещении плоду темно, даже если его мать совсем худенькая и полностью обнажена. Но днем в матку проникает немного света, если женщина сидит у окна. На прямом солнце света у плода с избытком.

Другой важный фактор — одежда, чем она легче, тем больше света пропускает. В зимний день, каким бы солнечным он ни был, ни один лучик не пробьется сквозь свитер и теплое



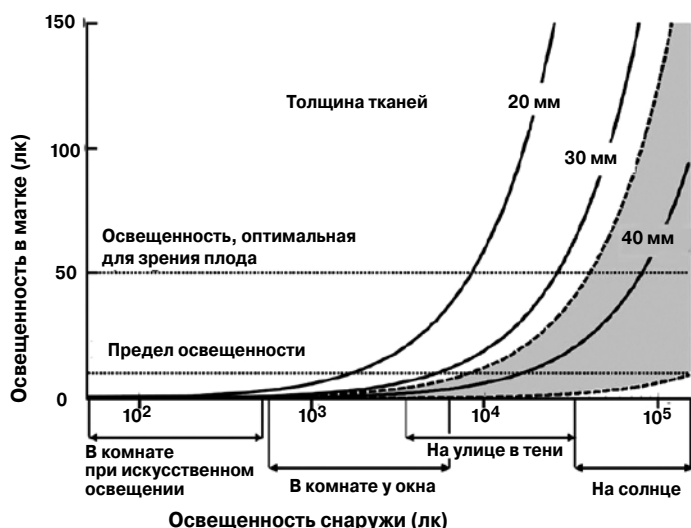
flickr.com\ J.L. Hopgood

пальто. Так что в холодное время года плоду светлее всего в теплой комнате у окна. Зато летним днем количество доступного света составляет 100—300 лк, как в ярко освещенной комнате, что для глаз плода может быть даже чересчур. Оптимальную освещенность будущему малышу можно обеспечить, опять-таки удалившись в комнату к окошку.

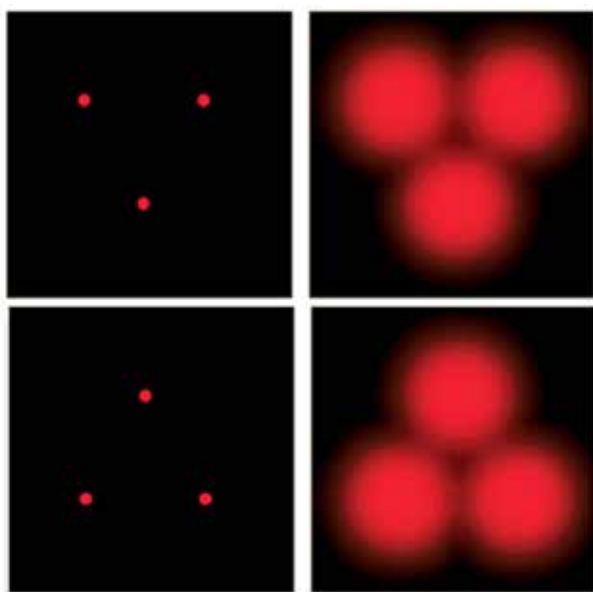
Исследователь признает, что его модель приближительная. Расчеты сделаны для всего видимого спектра, однако мышечная ткань лучше всего пропускает красный свет, который преимущественно и воспринимают глаза плода. Кроме того, надо учитывать положение плода: не всегда он повернут головой вниз и лицом к материнской спине. Тем не менее эти детали не влияют на главный вывод: будущие младенцы, в зависимости от времени года, на которое пришлось последние два месяца беременности, живут при избыточном либо оптимальном освещении или почти в полной темноте. Вопрос в том, как это сказывается на постнатальном развитии.

Возможно, ранняя зрительная стимуляция влияет на формирование зрения младенца и на связанное с ним поведение, хотя нет явных доказательств, что это действительно так. Если плод в последние месяцы беременности видит собственные движения, это может ускорить развитие определенных отделов нервной системы, в частности зеркальных нейронов. Эти клетки возбуждаются, когда человек выполняет какое-то действие или наблюдает, как его выполняют другие. Так ребенок адаптируется, осваивает новые навыки, повторяя чужие манипуляции. Известно, что новорожденные в первые недели жизни различаются умением координировать движения. Кому-то это удастся лучше, кому-то хуже. Не исключено, что индивидуальные различия связаны с родовым опытом, но, повторим, это лишь предположения. Как влияет на развитие плода избыток света, тоже неизвестно. И пока ученые все эти вопросы не прояснят, у женщин нет оснований выставлять свой живот на окно или, напротив, укрывать, словно клетку с попугаем.

Первый зрительный стимул, на который явно реагирует новорожденный, — лицо. На лицах и напоминающих лица фигурах младенцы фокусируют взгляд, отдавая им предпочтение перед другими объектами. Это жизненно важный социальный навык, и принято считать, что он развивается в результате быстрого раннего обучения. Но что, если он формируется еще в материнской утробе в последнем триместре беременности? Зрительная система к этому времени развита, света для ее стимуляции может быть достаточно, и сформировано верхнее двухолмие — структура среднего мозга, контролирующая движение глаз. Раз преждевременно родившиеся 30-недельные младенцы распознают лица, почему же и плоду в том же возрасте этого не уметь? Если гипотеза верна, плод будет поворачивать голову в ответ на стимулы, напоминающие лицо, а на перевернутые изображения реагировать не станет.



1  
Количество света в матке зависит от наружного освещения, толщины материнских тканей и одежды. Влияние одежды показывает серая область между пунктирными линиями. Верхняя линия — одежды нет, нижняя линия — один слой плотной, темной ткани



2  
Стимул в правильной (сверху) и перевернутой ориентациях. Слева показаны три кружка на коже матери, справа — они же с точки зрения плода. Пройдя через кожу и жировую ткань, круги имеют около 12 мм в диаметре

Так рассуждали британские исследователи под руководством профессора Ланкастерского университета Винсента Рейда, психолога («Current Biology», 2017, 27, 1825—1828, doi:10.1016/j.cub.2017.05.044). Чтобы проверить свою гипотезу, им нужно было, во-первых, предъявить плоду соответствующее изображение, а во-вторых, проследить, как он поворачивает голову. К счастью, современные технологии позволили решить обе задачи.

Роль стимула выполнял треугольник из трех точек, высвеченных на материнском животе красным лазером с длиной волны 650 нм. Диаметр одной точки составлял 2 мм, расстояние между ними — 15 мм (рис. 2). Приняв толщину материнских тканей равной 30 мм, исследователи учли светорассеяние и рассчитали картинку, которую видит изнутри плод. Яркость красных пятен варьировала от 16 до 34 лк, то есть находилась в диапазоне оптимального восприятия зрительной системы плода. За поведением младенца в матке следили с помощью четырехмерного ультразвукового ска-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

нирования, которое позволяет не только увидеть объемное изображение плода, но и наблюдать в реальном времени его движения и мимику.

Ученые обследовали 83 плода возрастом от 231 до 252 дней. Толщина материнской ткани составила от 13,1 до 69,7 мм, среднее значение — 27,47 мм. Все младенцы были здоровы, беременности — одноплодные, без патологий, матери не страдали излишним весом. Во время обследования участники просили не разговаривать и, по возможности, не шевелиться. Сначала экспериментаторы определили положение головы плода и проецировали треугольники на материнский живот с той стороны, где находится лицо, так что стимулы были хорошо видны. Затем изображение двигали вдоль материнского живота, уводя от плода со скоростью примерно 1 см/сек. Движение продолжалось пять секунд. Скорость выбирали, исходя из размеров живота, на который проецировали треугольник, и пространства внутри матки, в котором может двигаться плод. Этот процесс повторяли неоднократно, а затем демонстрировали треугольник в другой ориентации.

Ученым удалось наблюдать реакцию лишь 39 плодов. В остальных случаях либо изображение оказалось нечетким, либо младенцы спали и красных точек не видели. Оказалось, что малыши поворачивали голову за лицеподобным треугольником в 2,5 раза чаще, чем за перевернутым. Отворачивались от такого стимула очень редко. Если треугольник был перевернут, от него отворачивались столь же часто, что и проворачивали глазами. Следовательно, плод в последнем триместре беременности уже интересуется фигурами, напоминающими лицо, но не лицо перевернутое. После рождения ему не нужно набираться опыта, чтобы выделять лица среди других объектов. Этой способностью он уже обладает, она врожденная.

Воздействие света на мозг человеческого плода изучали и раньше, однако не обнаружили, чтобы он воспринимал изображение. Возможно, дело в том, что плоду предъявляли слишком сложные стимулы. Три яркие точки оказались в самый раз.

Впрочем, британские психологи отмечают, что, хотя плод и реагирует на лицеподобный стимул так же, как родившийся младенец, разница все же есть. Внутрь проникает только красный свет, а снаружи картина иная. Видеть настоящие лица и реагировать на них плод не может.

Тот факт, что плоду доступны слуховые, обонятельные и зрительные стимулы, изменил представление специалистов о пренатальной жизни. Плод активно исследует окружающую среду и обучается, что и для ученых открывает широкое поле деятельности. Четырехмерное ультразвуковое сканирование позволило наблюдать поведение плода в последнем триместре беременности, возможно, оно окажется полезным и на более ранних сроках. Полный приключений внутриутробный мир ждет своих исследователей.

Кандидат биологических наук  
Н.Л.Резник



flickr.com / D Coetzee

# Змеи, экстремалы питания

Змея — символ врачевания. Яд этих рептилий еще с древности пытаются использовать в качестве лекарств. Однако неядовитые змеи едва ли не полезнее для медицины, чем ядовитые: у них с современными людьми гораздо больше общего, чем можно подумать. Кстати, есть мнение, что и на эмблемах медицины запечатлена вовсе не ядовитая змея, а эскулапов полоз *Zamenis longissimus*, мирный обитатель храмов Асклепия.

Если не углубляться в подробности, про змей и так все всё знают. Это рептилии, они же пресмыкающиеся. У их предков когда-то были ноги, а у них самих конечностей нет, только вот у удавов, питонов, слепозмеек и некоторых других есть остатки таза. В целом скелет у змей странноват: много ребер, нет грудины, челюсти очень подвижные.

Живут змеи практически везде, за исключением совсем уж холодных местностей вроде Арктики и Антарктики. В основном они плотоядные. Жертву убивают укусом ядовитых зубов или удушением, у кого к чему способности. По сравнению с другими животными змеи особенно хорошо чувствуют тепло чужих тел, что помогает им охотиться.

## Змеиные яды

Много написано о том, как обезопаситься от укуса гадюки, как отличить ее от ужа, как не потревожить и не спровоцировать нападение. Дают советы и тем, кого змея уже укусила: как минимизировать действие яда, куда обратиться и т. д. Яд гадюки для здорового взрослого не смертелен, хотя неприятностей может доставить немало. Однако есть у него и достоинства.

Обыкновенная гадюка *Vipera berus* и ее ближайшие родственники вырабатывают яд, состоящий, по сути, из смеси белков-ферментов. Это металлопротеиназы, фосфолипаза, фосфодиэстераза и некоторые другие. Действие

яда гадюки обеспечивают в основном металлопротеиназы. Все вместе эти ферменты вызывают некроз тканей и свертывание крови.

Яды змей часто используют для приготовления противоядий к ним. Есть, конечно, и другие применения, но эффективность и безопасность большинства из них не подтверждена методами доказательной медицины. Тем не менее яд гадюк пытаются применять в фармакологии. Его разбавляют физиологическим раствором, заливают в ампулы и продают в виде различных лекарств с корнем «випер» в названии (от латинского названия гадюк). В инструкциях утверждается, что инъекции подобных препаратов помогают при мышечных болях и ревматизме. Однако, надо думать, побочных эффектов у них немало. К тому же производители признают, что и сами плохо понимают механизм работы гадючьего яда в данном случае. А это, увы, заставляет сомневаться в эффективности препаратов.

В Евразии — гадюки, в Северной Америке — гремучие змеи. Их яд в начале XX века хотели использовать в

качестве лекарства от эпилепсии, но инициатива провалилась — скорее всего, к лучшему. Доктор Ральф Спенглер из Филадельфии узнал, что в тexasской пустыне один мужчина был укушен гремучей змеей, после чего у него прекратились эпилептические припадки. Забавно, что Спенглеру хватило одного удачного случая (который он, судя по всему, даже не видел своими глазами), чтобы выдвинуть смелое предложение: лечить эпилепсию ядом гремучих змей. Его статью опубликовал журнал Американской медицинской ассоциации, не последнее среди специализированных медицинских изданий. По счастью, у филадельфийского доктора нашлось немало критиков, которые отметили, что один раз ничего не решает, зато как минимум аллергия от выделений гремучей змеи проявляется у всех пациентов (подробности в ретроспективной статье того же журнала: JAMA 2013, 309, 12, 1207, doi: 10.1001/jama.2012.145314). Так что дальше той статьи (ну, может, еще личной практики Спенглера) идея не пошла.

Куда более перспективны цитотоксические свойства змеиных ядов — их можно использовать для борьбы с раковыми клетками. Металлопротеиназы, фосфолипазы и прочие ферменты, полученные из токсинов змей, тестировали на культурах клеток и на лабораторных мышах (см., например, «BMC Cancer», 2012, 12, 228, doi: 10.1186/1471-2407-12-228). Правда, во многих случаях побочные эффекты перевешивали полезные. Так было с токсином гладкого щитомордника *Calloselasma rhodostoma* («Cancer Research», 1976, 36, 10, 3584—3587): оказалось, что он не только снижает объем опухоли, но и вызывает сильное слипание тромбоцитов.

И все же как минимум одно проверенное лекарство на основе змеиного яда есть. Это каптоприл, или капотен. Его действующее вещество было разработано на основе фермента из яда южноамериканской змеи жарараки *Bothrops jararaca*. Каптоприл подавляет активность ангиотензинпревращающего фермента и тем самым блокирует переход ангиотензина I в ангиотензин II, в результате кровяное давление падает. Соответственно каптоприл используют при гипертензии.

## Почки питона

Мы пока обсуждали змей, которые, строго говоря, подопытными не являлись. Теперь настал черед рассказать о настоящей лабораторной рептилии — темном тигровом питоне *Python bivittatus*. Его биомедицинская карьера началась пару десятков лет назад, а расцвета достигла

в 2000-х годах, когда его начали исследовать в лаборатории Стивена Секора. Кстати, изучение безногих рептилий Секор начал с гремучих змей.

Казалось бы, кто из позвоночных меньше похож по образу жизни на человека, чем змея? Про отсутствие конечностей и странный скелет мы уже говорили. В отличие от человека тигровый питон не всеяден, да и пищу принимает намного реже среднестатистического *Homo sapiens* — всего раз в пару месяцев. И тем не менее сходство представителей нашего и питоньего видов — именно в рационе.

Об «эпидемии ожирения» среди людей сказано много. И ладно бы проблема была только в эстетике тела. Нездоровое обилие жировой ткани вызывает нежелательные изменения в самых разных органах, оно означает повышенную нагрузку на поджелудочную железу, почки, кровеносные сосуды. С ожирением коррелирует частота заболеваний сердечно-сосудистой системы и сахарного диабета.

Скорее всего, лишний вес у нас появляется от обильного питания и недостатка движения. Так вот, тигровые питоны — идеальные кандидаты в жертвы ожирения. С точки зрения «человеческих» диетологов, режим питания темного тигрового питона максимально далек от здорового. Двигается он, прямо скажем, не очень активно (без ног сложно действовать по-другому), а ест редко, но основательно. За один присест тигровый питон поглощает десятки тысяч килокалорий. Шутка ли — съест целую антилопу или свинью!

В течение двух-трех дней после сытного обеда скорость обмена веществ у тигрового питона увеличивается в 44 раза. Масса сердца, желудка, печени, почек и тонкого кишечника — органов, задействованных в пищеварении и распространении питательных веществ по телу, — может вырасти вдвое. Концентрация жирных кислот и триглицеридов в плазме крови увеличивается в 160 раз. При этом меняется экспрессия ряда генов, чьи продукты участвуют в метаболических путях, — mTOR, PPAR/LXR/RXR и NRF2 («BMC Genomics», 2017, 18, 1, 338, doi: 10.1186/s12864-017-3743-1). Нечто подобное, хоть и не в таком масштабе, происходит с кровью человека, когда он плотно обедает фастфудом. А учитывая популярность сэндвичей и прочего нездорового питания, выходит, что диета питона не так сильно отличается от нашей. Однако, насколько известно, метаболическим синдромом змеи не страдают. Тем интереснее узнать, как это получается.

Предварительные исследования показали, что в плазме крови темного тигрового питона после еды появляются



## ЖЕРТВЫ НАУКИ

ся соединения, активирующие бета-клетки и в то же время защищающие их от разрушения при обильном выделении инсулина и других гормонов («The FASEB Journal», 2014, 28, 1 Suppl. 1108.8). Притом эти вещества действуют не только на органы змей, но и в культурах бета-клеток человека и лабораторных грызунов. Было бы здорово выделить эти соединения и использовать их для профилактики диабета. Пока только понятно, что вещества, о которых идет речь, вряд ли окажутся пептидами или липидами.

Также кое-что известно о приспособлениях почек тигровых питонов к многократному ускорению метаболизма после еды («Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology», 2015, 188, 120—126). У этой змеи водородный показатель крови при приеме пищи существенно меняется в сторону щелочного. Чтобы быстро вернуть pH крови в норму, почки тигровых питонов активно перестраивают свою работу, направляя все усилия на снижение уровня  $\text{HCO}_3^-$ . Активируется АТФаза V-типа, обменивающая  $\text{H}^+$  на  $\text{Ca}^{2+}$ , а также ряд белков подобного действия. К сожалению, пока непонятно, какие конкретно соединения, поступающие в почки питона, оказывают такой эффект.

Конечно, у тигровых питонов как лабораторных животных есть минусы. Один из них — низкая скорость размножения: если мыши плодятся раз в несколько месяцев, то питоны — раз в год. И чтобы стать взрослыми, им нужно в разы больше времени, чем грызунам. Тем не менее число коллективов, работающих с питонами, постепенно растет. К тому же недавно был расшифрован геном тигрового питона («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 51, 20645—20650, doi: 10.1073/pnas.1314475110). А это значит, что будет проще определить варианты генов, обеспечивающих органам змеи устойчивость к экстремальным перестройкам метаболизма.

**С. Ястребова**

# Они вертятся

Кандидат биологических наук

**Н.Л. Резник**

Как всем известно, корзинка подсолнечника поворачивается вслед за солнцем. Однако не все знают, что это делают только молодые растения, с нераскрытыми корзинками. И совсем немногие пока осведомлены о генетических механизмах такого «поведения».

Подсолнух всегда был символом солнца. И у ацтеков, которые первым ввели его в культуру более пяти тысяч лет назад, и у европейцев, познакомившихся с ним гораздо позже. Неудивительно, что о «солнечном цветке» слагают красивые легенды и сочиняют откровенные небылицы. Одна из таких выдумок оказалась на редкость живучей — многие до сих пор считают, что соцветие подсолнечника, часто неправильно именуемое цветком, всегда и в любую погоду обращено к солнцу. Первым натуралистом, опровергшим это заблуждение, был английский ботаник Джон Джерард (1545—1611), однако многие образованные люди продолжали в него верить. Авторитетнейший немецкий ученый и изобретатель Афанасий Кирхер (1602—1680) даже нарисовал «подсолнечные часы», позволяющие определять время (рис. 1). На рисунке изображен зрелый подсолнух, головка которого следует за дневным светилом с шести утра и до шести вечера.

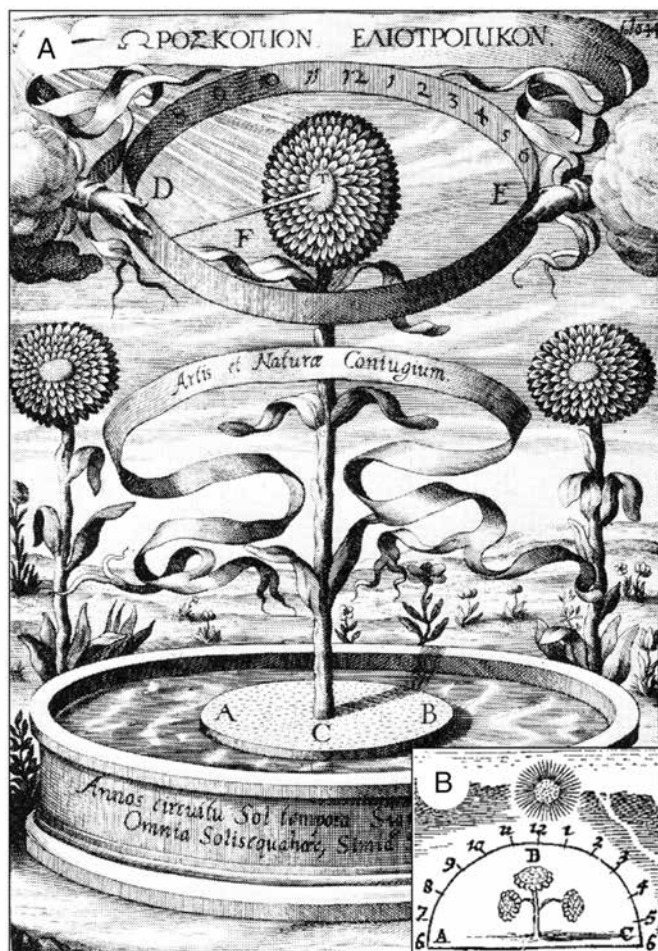
Опробовал ли Кирхер свое изобретение — неизвестно. Скорее всего, нет, потому что раскрывшееся соцветие подсолнечника обыкновенного *Helianthus annuus* не поворачивается за солнцем, оно всегда обращено на восток. Однако молодые растения действительно гелиотропны, и это одно из самых удивительных свойств подсолнуха.

## Под напором ауксина

Гелиотропизм растений, разумеется, средиземноморских, а не американских, описывали еще древние греки (см. «Химию и жизнь», 2008, 10). Само понятие впервые предложил швейцарский и французский ботаник Огюстен Пирам Декандоль (1778—1841), позже его использовал Чарльз Дарвин. Тогда этот термин обозначал любую форму движения растения к свету. Однако в настоящее время гелиотропизм рассматривают как частную форму фототропизма. При фототропизме стебель и листья растут в направлении постоянного источника света. Если он расположен сбоку, растения получаются искривленными. Комнатные цветы на окне, глядящем на север, буквально напозают на стекла. Гелиотропизм — более динамичная реакция, при которой верхние листья растения, верхушка стебля и почки следуют в течение дня за движущимся источником света: за солнцем или за лампами в теплице, которые зажигаются и гаснут в определенном порядке.

У гелиотропизма есть две важные особенности. Прежде всего, он неотделим от роста. Стебель поворачивается потому, что клетки на его противоположных сторонах растут с разной скоростью. Если они не будут делиться и удлиняться, поворотный механизм не сработает.

Есть еще один механизм, позволяющий растению следовать за солнцем — тургор. В верхней части стебля многих растений находятся листовые подушечки (*pulvini*), содержащие особые моторные клетки с крупными вакуолями. Объем воды в вакуолях зависит от транспорта ионов и осмотического давления в моторных клетках. Поток ионов меняется в зависимости от ос-



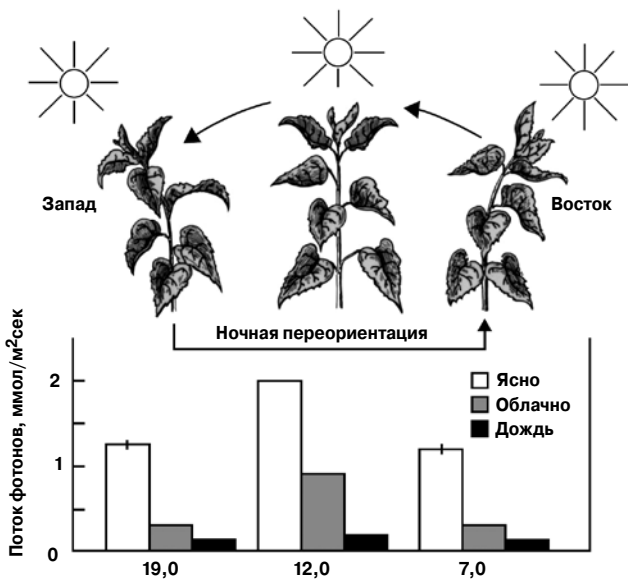
Подсолнечные часы Афанасия Кирхера (1667)

вещения. Моторные клетки, расположенные на теневой стороне, увеличиваются в объеме, и растение изгибается в направлении источника света, причем достаточно быстро: в одном из экспериментов мальва Линнея следовала за движущейся лампой со скоростью до 40° в час.

Однако у подсолнуха подушечек нет. Его движения связаны исключительно с ростом, который прекращается к моменту раскрытия корзинки. Именно поэтому соцветия неподвижны и не могут служить часами.

Еще одна характерная черта гелиотропизма — ночная переро- ориентация. Двигаясь в течение дня с востока на запад, верхушка растения за ночь возвращается на исходную позицию и утром вновь оказывается лицом к солнцу (рис. 2). А еще движение подсолнуха зависит от погоды, что бы ни говорили предания. В пасмурные и дождливые дни, когда солнце светит тускло, верхушки растения вращаются с меньшей амплитудой, а если свет еле пробивается через плотные облака, могут вообще весь день оставаться в «утренней» позиции, лицом на восток. Кроме того, движению мешают засуха (вялые стебли неподвижны) и высокая влажность — пока земля после дождя как следует не просохнет, гелиотропизм блокирован.

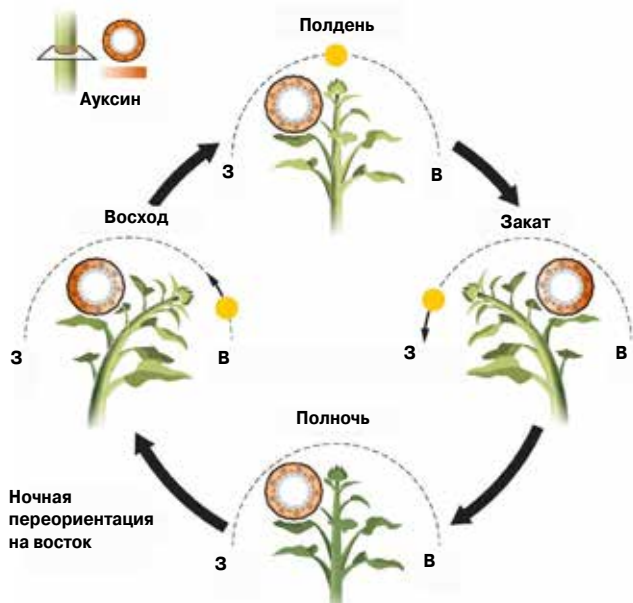
Солнечный свет, как известно, разлагается на семь основных цветов, гелиотропизм подсолнуха связан с синим светом. Именно он действует на мембранный рецептор растительных клеток, белок фототропин. Под действием направленного синего света на освещенной стороне стебля образуется в значительных количествах ингибитор ауксина, 8-эпиксантатин («Plant Physiology», 2014, 164, 13—23, doi: 10.1104/pp.113.230573). Ауксин — гормон, отвечающий за рост, — синтезируется в верхушечной части стебля, откуда распространяется по растительным тканям, двигаясь к корню. Под действием ингибитора возникает гради-



ент ауксина: на освещенной стороне растения гормона мало, а на теневой гораздо больше. Градиент ауксина приводит к искривлению стебля, который растет преимущественно с теневой стороны, в результате верхушка растения направлена в противоположную сторону, то есть к солнцу. Уровень 8-эпиксантина на разных сторонах стебля коррелирует с разницей в скорости роста и степени наклона стебля к источнику света (рис. 3).

Как ни странно, исследователи до сих пор окончательно не решили, какие преимущества дает гелиотропизм молодому растению. Согласно одной из гипотез, движение верхних листьев за солнцем усиливает фотосинтез примерно на 9,5% в ясный день. Особенно эта разница ощутима весной, когда дни коротки, и в северной части ареала, где условия освещения не оптимальны. Однако другие исследователи этот результат не подтвердили. Они считают, что растения тянутся к солнцу, стремясь избежать затенения, потому что нуждаются в красном свете. Красный свет регулирует цветение и прорастание семян, поэтому его должно быть достаточно.

Еще одна загадка, связанная с гелиотропизмом, — ночная переориентация растений. Очевидно, что свет на нее не влияет, и логично предположить, что в этом процессе должны участвовать гены, определяющие циркадный ритм растений. Простейшее подтверждение этой гипотезы получить легко:



3 Боковое освещение создает градиент концентрации ауксина и приводит к неравномерному росту стебля

2 Суточные движения 10-недельного подсолнуха зависят от освещенности. В дождливый, бессолнечный день верхушка растения неподвижна



## ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

когда подсолнухи, растущие под открытым небом, но в горшках, разворачивают на 180°, им требуется несколько дней, чтобы наладить слежение за солнцем. Следовательно, гелиотропизмом управляет не только свет.

## Туда и обратно

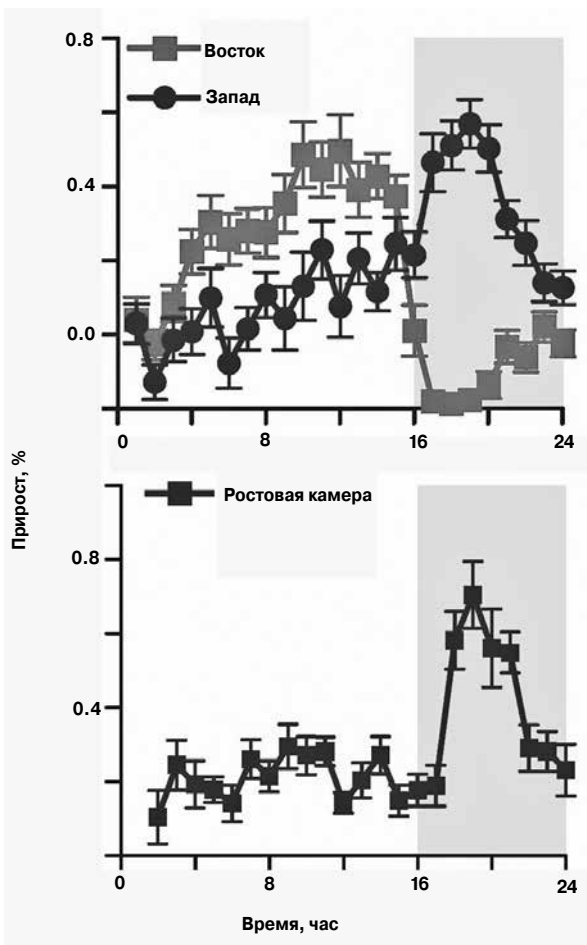
Чтобы оптимизировать охоту за светом, нужно скоординировать работу циркадных и фототропных генов. Сделать это растению несложно, поскольку направление и количество солнечного света в течение дня изменяется предсказуемо. Участие и циркадных, и фототропных генов в регуляции гелиотропизма доказали исследователи под руководством профессора Калифорнийского университета Стейси Хармер. Ученые работали с молодыми подсолнухами, которые росли в горшках, а горшки можно выставлять хоть в поле, хоть в теплицу и поворачивать как угодно.

Сперва они убедились, что гелиотропизм действительно стимулирует рост. Для этого экспериментаторы нарушили естественное движение растений, каждый вечер поворачивая подсолнухи лицом к востоку, так что по утрам, после ночной переориентации, они смотрели на запад. В других опытах стебель просто привязали к твердой опоре, и он не мог никуда поворачиваться. В обоих случаях площадь листьев и сухая биомасса растений были примерно на 10% меньше, чем в контроле. Каковы бы ни были причины, гелиотропизм полезен подсолнухам.

Затем ученые стали собирать доказательства участия циркадной системы в ночной переориентации. Их оказалось немало. Прежде всего, короткими летними ночами верхушка стебля движется быстрее, чем осенью, когда ночь почти равна дню, так что в любом случае растение к утру успевает развернуться лицом на восток. А когда подсолнухи, привыкшие к полевым условиям, переносят в ростовую камеру, где их освещают неподвижные лампы, они в течение двух-трех дней еще поддерживают привычный суточный ритм, поворачиваясь днем на запад, а ночью на восток, навстречу отсутствующему солнцу. Постепенно эти движения затухают и сходят на нет.

Есть и другой способ отличить влияние циркадных часов от ритма, вызванного внешними воздействиями. Для этого надо изменить продолжительность цикла чередования света и темноты (Т-цикл), чтобы он отличался от привычного 24-часового. Растения поместили в камеру с четырьмя голубыми светодиодными лампами, которые последовательно включались и выключались, имитируя дневной путь солнца. После нескольких дней при 24-часовом цикле (16 часов света и 8 темноты) Т-цикл сделали равным 30 часам (20 часов света и 10 темноты). Движения растений раскоординировались, и ученые пришли к выводу, что циркадные ритмы гелиотропизм, безусловно, регулируют.

Как мы помним, гелиотропизм неотделим от роста. Исследователи определили, как меняется скорость роста стебля в разное время суток. Днем, когда солнце движется на запад, удлиняется преимущественно восточная сторона стебля, зато ночью она растет очень медленно. На западной стороне все происходит с точностью до наоборот: днем она растет медленно, а в темное время суток наверстывает упущенное (рис. 4). В результате под



4 Рост западной и восточной сторон стебля в полевых условиях (сверху) зависит от времени суток. В ростовой камере под неподвижными лампами стебель растет преимущественно ночью

солнцем верхушка стебля движется с востока на запад, а ночью обращается на восток.

Поскольку растениям свойствен внутренний циркадный ритм, Стейси Хармер и ее коллеги предположили, что кривая роста одной из сторон должна совпадать с общим графиком роста стебля, который не связан с гелиотропизмом. Для проверки этой гипотезы горшки с растениями перенесли в камеру с неподвижными лампами. Режим освещения установили тот же, что и на улице (16 часов света и 8 часов темноты), и обнаружили, что стебель при этом растет преимущественно ночью, так же, как западная сторона в естественных условиях (рис. 4, внизу). Исследователи заключили, что дневное движение стебля с востока на запад определяется влиянием среды, то есть перемещением солнца, а ночное (с запада на восток) — собственными циркадными ритмами растения.

Циркадные гены растений на восточной и западной сторонах стебля подсолнуха в течение суток экспрессируются одинаково. А вот активность двух генов, определяющих фототропизм, различается. Один из них деятельнее днем на восточной стороне, другой — ночью на западной. Работа этих генов находится под контролем ауксина, а их белки участвуют в удлинении клеток. Известно, что фототропные гены регулируют движение ауксина вокруг стебля, а циркадные контролируют уровень ауксина и реакцию клеток на действие гормона. Таким образом, следование за солнцем обеспечено согласованной реакцией фоторецепторов на голубой свет и работой циркадных генов.

## Теплое местечко для опылителей

Но вот стебель достиг нужной высоты, вынес наверх соцветие-корзинку, и прекратил двигаться за солнцем. Раскрывшиеся



На запад

На восток

5 Опылителей привлекают соцветия, обращенные на восток, теплые и хорошо заметные

соцветия постоянно глядят на восток. Спрашивается, почему именно туда?

Исследователи предположили, что ориентацию корзинки обуславливает повышенная утренняя чувствительность растения к синему свету. Для проверки этой гипотезы молодые растущие подсолнухи в теплице приучили к циклу «16 часов света и 8 темноты», а затем в разное время суток освещали направленным голубым светом. Растения сильнее склонялись к синим лампочкам в первой половине дня, особенно ранним утром, часа в четыре, как раз во время летнего рассвета. Прекращая рост, созревающий подсолнух постепенно уменьшает амплитуду суточного вращения, и последний световой сигнал, на который он еще реагирует, — первые утренние лучи. Подсолнух поворачивает раскрывшуюся корзинку на восток и замирает.

Такая ориентация привлекает опылителей. Ученые убедились в этом, когда перед рассветом повернули часть подсолнухов в горшках на запад (рис. 5). Соцветия, обращенные на восток, пчелы посещают раз в пять чаще. По мнению Стейси Хармер и ее коллег, ранним утром насекомые стремятся к теплу, а солнце в первую очередь нагревает корзинки, ориентированные на восток. Многие насекомые по утрам греют свое тельце на освещенных солнцем цветках, которые теплее прохладного утреннего воздуха, а пчелы предпочитают теплый нектар. Если нагреть «прозападные» цветы до «восточной» температуры, на них будет больше пчел, но все равно не столько, как на восточной стороне. Следовательно, температура, конечно, важный фактор, привлекающий опылителей, однако не единственный.

Опылять цветы выгоднее по утрам, когда они еще полны нектара и пыльцы. Соцветия, повернутые на восток, в утреннем свете заметнее для насекомых. Яркие краевые лепестки, подобно зеркалам, отражают свет и направляют его в центр корзинки, не только нагревая его, но и освещая. С обратной стороны соцветия такого эффекта нет, кроме того, темные чашелистики делают его менее заметным. По утрам из цветков, обращенных на восток, быстрее испаряется роса, что уменьшает вероятность грибковых заболеваний, а в полдень такая ориентация защищает пыльцу и созревающие семена от слишком яркого света и перегрева («Current Biology», 2016, 26, R1137–R1160, doi:10.1016/j.cub.2016.08.071). Так что кроме тепловой поддержки опылителей ориентация может быть важна для регуляции температуры репродуктивных органов цветка. Зрелому подсолнуху выгодно не только встречать рассвет лицом к востоку, но и оставаться в таком положении весь день.

Для некоторых видов растений в горах или других холодных климатических зонах соблюдение температурного баланса настолько важно, что они сохраняют гелиотропизм даже после раскрытия цветка. Таковы дриада (*Dryas*), лютики (*Ranunculus*) или фиалка *Viola pedunculata* («Annals of Botany», 2016, 117, 1—8, doi:10.1093/aob/mcv141). Следуя за солнцем, они прогревают семена. Если помешать их движению, и опылителей будет меньше, и семян.

Очень важно двигаться в нужном направлении и вовремя остановиться.





# Ящерица на распутье

Многие животные умеют если не считать, то сравнивать количество объектов в разных группах. Это очень полезный навык, когда надо оценить численность соперников, союзников или потенциальной добычи. Способности к количественной оценке ученые обнаружили практически у всех классов позвоночных. Ими обладают пятнистые гиены, собаки и человекообразные обезьяны. Гиены, например, слушая вой других гиен, могут понять, сколько там животных: больше, чем в их собственной группе, или меньше. Шимпанзе соотносят, где больше крекеров, даже в том случае, когда одна порция сложена в столбик и видна обезьяне сбоку, а другая разложена на плоскости в один слой. Полевая мышь *Apodemus agrarius* охотится на муравьев, когда их мало, а с многочисленной группой не связывается, потому что могут больно покусать.

Справляются с количественными заданиями птицы: сизые голуби и каролинская утка *Aix sponsa*. Она иногда откладывает яйца в чужие гнезда, и чем меньше кладка, тем больше яиц она подбросит.

Саламандры *Plethodon cinereus* (амфибии) понимают, что три дрозофилы предпочтительнее двух. И даже рыбки гуппи различают количество предметов, если соотношение между ними не превышает 0,5 (один или два против четырех, но не два против трех или три против четырех — это уже сложно). Правда, в случаях, когда кусочки лакомства разного размера, рыбки обычно ориентируются на площадь, занятую кормом, а не на число объектов: так, они чаще выбирали два крупных кусочка пищевых хлопьев, а не пять маленьких.

Только рептилии до сей поры остались неосвидетельствованными. Не было оснований полагать, что они обделены естественным отбором и не умеют проводить сравнение, доступное амфибиям и рыбам, однако проверить следовало. Первое тестирование способностей рептилий к количественной оценке провели итальянские ученые под руководством

профессора Падуанского университета Анжело Бисацца («Biology Letters», 2017, 13:20160899, doi: 10.1098/rsbl.2016.0899).

За объектом исследования далеко ходить не пришлось. Итальянская стенная ящерица *Podarcis sicula* часто встречается в городах, лесах и на побережье. Это дневное насекомоядное животное, довольно активное. В лаборатории ученые кормили своих подопечных мертвыми личинками домашних мух. Во время экспериментов ящерицу помещали в отделенный перегородкой отсек Y-образной камеры (см. рисунок). Когда перегородку убирали, ящерица выходила на приподнятый подиум, откуда обзирала две кормушки с личинками мух. В первом эксперименте личинки различались размерами, во втором — количеством. Чтобы рептилия не могла ориентироваться по запаху и двигаться к более сильному его источнику, вся экспериментальная камера была пропитана ароматом личинок. Когда ящерица подходила к одной из кормушек, вторую закрывали кусочком пластика, так что ей доставалась только одна порция добычи. В каждом эксперименте участвовали по девять взрослых ящериц, в течение нескольких дней их протестировали по 64 раза. В дни тестирования животных не кор-



Стенная ящерица делает выбор

мили, чтобы они больше интересовались содержимым кормушек.

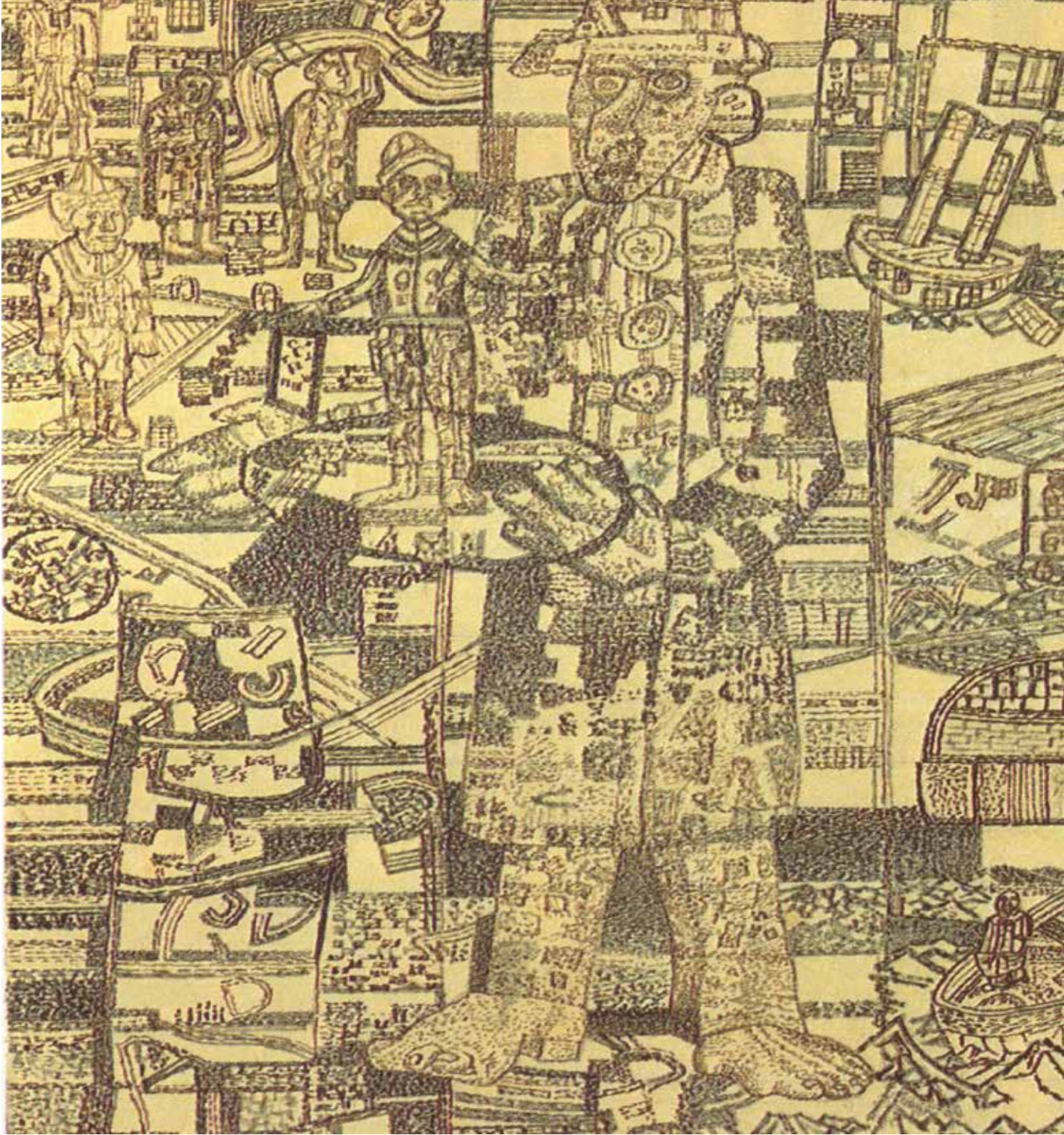
*P. sicula* отличали крупную личинку от мелкой, и чем больше была разница в размерах, тем реже они ошибались. Зато во втором эксперименте ящерицы не обнаружили никаких предпочтений. Даже между одной и четырьмя личинками они не делали различий. Такого результата исследователи не ожидали. Они предложили два объяснения этого феномена.

Возможно, у ящерицы просто нет мотива пересчитывать добычу. В естественных условиях она добывает еду поштучно, а не кучками. И пока она ловит и ест одно насекомое, остальные могут разлететься или достаться другому хищнику. Поэтому рептилия выбирает самую крупную добычу и начинает с нее. И в лаборатории ее рот радуется крупной личинке, а не большой кучке. Выбирая добычу, ящерица не интересуется, как она сгруппирована.

Однако нельзя исключить, что рептилии действительно не умеют решать численные задачи. И если это так, то перед нами интересный пример эволюции когнитивных способностей. Поскольку количественную информацию в состоянии обрабатывать самые разные виды позвоночных, мы вправе ожидать, что это свойство они унаследовали от общего предка. Но рыбы могут отличить два кусочка корма от четырех, а рептилии — нет! Объясняя этот парадокс, итальянские ученые ссылаются на работу своих коллег, проанализировавших геном маленькой рыбки пецилии пятнистой *Xiphophorus maculatus* («Nature Genetics», 2013, 45, 567—572, doi: 10.1038/ng.2604).

Ученые обнаружили, что, уже после того, как разошлись пути костистых рыб и предков наземных позвоночных, в рыбьем геноме произошла дупликация (удвоение) многих последовательностей, в том числе генов, ответственных за когнитивные способности: развитие мозга, формирование синапсов, передачу нервных сигналов. Дупликация гена усиливает его функцию и способствует ее сохранению. В результате дупликации когнитивных генов поведение пецилии и ее родственницы гуппи сложнее, чем у многих амфибий и рептилий, а их умение решать численные задачи сходно с таковым у млекопитающих. Однако эту гипотезу еще предстоит проверить.

**Н. Анина**



# Миллион в мусорной корзине

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М.Комаров**

Многие получали по электронной почте сообщения от людей с трудной судьбой, которые горят желанием разделить с адресатом миллионы долларов, фунтов стерлингов, различных франков и прочей валюты, волею судеб оказавшихся в

распоряжении отправителя. Но немногие знают, что основоположники этой методики перераспределения общечеловеческих ценностей — а соответствующее интернет-движение появилось в Нигерии — были заочно удостоены высокой награды Игнобелевского комитета, а именно Премии по литературе 2005 года «за использование системы электронной почты для распространения серии коротких рассказов». Благодаря нигерийским литераторам миллионы читателей



Художник П. Филонов



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Письмо счастья, попавшее в компьютер или сотовый телефон, должно заставить получателя насторожиться: всем известно, что бесплатный сыр бывает только в мышеловке. В лучшем случае предложение сдать в аренду компьютер за несколько тысяч рублей в день или помочь нефтяной компании списать заработную плату для налоговой оптимизации (а именно такие предложения заполняют папку спама редакционного компьютера в 2017 году) приведет на сайт, где рекламируют что-то ненужное. В случае средней тяжести это окажется не рекламный сайт, а распространитель вирусов. Необязательно при нажатии на роковую ссылку компьютер окажется во власти вымогателей. Вредоносное программное обеспечение может незаметно внедриться, обойдя защиту, и компьютер превратится в зомби: будет в фоновом режиме рассылать новые сообщения, расходуя интернет-трафик. Хорошо, если этот зомби глупый и воспользуется имеющейся адресной книгой — тогда по истощным воплям друзей можно догадаться о проблеме и принять меры.

В тяжелом же случае мошенники могут нанести ощутимый вред. Чтобы узнать о нем, достаточно набрать в поисковике «e-mail swindlers» и погрузиться в увлекательные полицейские истории. Вот, например, в декабре 2016 года в Лагосе было арестовано трое интернет-мошенников. Они вскрыли почту торговца недвижимостью и прислали якобы от его клиента распоряжение о перечислении примерно четырех миллионов нигерийских найр (около тринадцати тысяч долларов) на некие расчетные счета. Так получилось, что этот клиент позвонил своему агенту, тот понял, что происходит, ужаснулся и обратился в полицию. Злоумышленников нашли, но, как сказал один из них, он отдал свою карту приятелю и не имеет ни малейшего представления, куда тот делся вместе с переведенными на счет карты полутора миллионами найр. Это не единичное мошенничество 2016 года — незадолго до того полиция Лагоса арестовала четырех молодых людей, которые хотели таким же способом освободить карманы владельца лотерейной компании от пяти миллионов найр.

Но это примитивное финансовое мошенничество, на которое способны люди грубые, недовольные на весь мир или попавшие в дурную компанию. Как указывает психологическая теория («Современные исследования социальных проблем» 2013, 9, 29; [www.sisp.nkras.ru](http://www.sisp.nkras.ru)), к преступлению приводят внутренние личностные предпосылки — мотивировки и внешние обстоятельства — фрустраторы. При финансовом мошенничестве мотивировок три: «нет денег совсем», «нет денег для помощи близким» и «у меня денег несправедливо мало». Очень похоже, что в случае с нигерийскими мошенниками главенствует третья мотивировка, а к ней прилагаются три фрустратора. Исследователи из Саратовского университета им Н.Г.Чернышевского изучали отечественных мошенников из банков, но их выводы наверняка подходят и для Нигерии. Во-первых, когда индивид, считающий, что его доход несправедливо мал, испытывает недостаток денег — финансовое давление, он обвиняет в этом компанию, коллег, а то и саму страну, отчего и возникает желание «восстановить справед-

узнали об удивительных приключениях таких персонажей, как генерал Сани Абача, миссис Мариам Сани Абача, адвокат Жон А Мбеки-эсквайр и многих других, каждый из которых нуждается в малой сумме денег, чтобы получить доступ к огромным средствам, каковые они охотно разделят с добрым человеком, оказавшим содействие. По данным правоохранительных органов, участники движения действуют отнюдь не бескорыстно, средний размер их гонораров — 3000 долларов США, а общий объем доходов от подобного литературного творчества исчисляется сотней миллионов долларов в год. Не случайно в Нигерии для данного вида мошенничества был введен специальный цифровой код — 419, который теперь используют во всем мире



ливость»: финансово поддержать себя. В-вторых, возможно давление со стороны организационно-производственных факторов: общая неустроенность жизни, невозможность преуспеть, малооплачиваемая работа — все эти мелкие фрустрации приводят к накоплению психического напряжения и формированию внутреннего протеста, который и выливается в форму мошенничества. А в-третьих, личность может испытывать давление близких и друзей, которые дают советы и рекомендации, оказывают мягкое воздействие, подталкивающее к преступлению.

Однако возможно ли применить подобную типологию к настоящим мастерам своего дела — это вопрос. Ведь они идут на изощренные инсценировки, рядом с которыми меркнут как реальные подвиги прошлого, вроде продажи Виктором Люстигом Эйфелевой башни на металл, так и выдуманные, например пересказанные В.А.Гиляровским похождения Павла Карловича Шпейера из «Клуба червонных валетов», продавшего англичанам казенное присутствие московского генерал-губернатора по адресу Тверская, 13. История полицейской борьбы с современными виртуозами интернет-мошенничества включает помимо уже упомянутых обыденных эпизодов такие, как ликвидация фальшивого интернет-банка четы Абачи или целого ложного посольства ЮАР в Амстердаме, которое было разоблачено силами общественности.

Вот как описывает в 2014 году многоуровневую операцию участник французского канала самодетельной журналистики «France 24 Observers» Александр Капрон. Однажды ему позвонил некий Фердинанд из габонской деревни Эборо. Он рассказал ужасную историю про печальную жизнь обитателей деревни, которая стала еще хуже, когда единственный мост, соединяющий их с большой землей, разрушило наводнение. Скрепя сердце сельчане залезли в древнее святилище и взяли оттуда набор глиняных статуэток, чтобы на вырученные от их продажи деньги починить мост. И уж нашелся американец, готовый купить статуэтки за 850 тысяч долларов, но сделка сорвалась. Видимо, понимая, что он имеет дело с доверчивыми африканцами, попавшими в безвыходное положение, он решил скинуть цену в два с лишним раза. Вот и решили они обратиться к известному блогеру из Франции, которой Габон совсем не чужая земля, чтобы тот провел с американцем переговоры, продал бы фигурки от своего имени, а прибыль они поделили бы по-честному. Капрон решил участвовать в игре. Тогда Фердинанд сказал, что ему нужно получить согласие совета племени, и замолчал на некоторое время. И тут стал звонить человек из США, с которым удалось договориться о цене. Фердинанд же тем временем стал настаивать на перечислении комиссии, после чего статуэтки будут отправлены во Францию. Чувствуя сомнения Капрона, он передал телефон вождя, предупредив, что имя свое тот не назовет, ибо оно сакрально. Так состоялось знакомство с новым персонажем: тот, ласково называя блогера «мое дитя», обсудил детали сделки.

Но Капрон оказался парень не промах. Через друзей в Габоне он узнал: мост цел, а вот старый вождь умер, нового же никак не изберут. Все это он выложил Фердинанду, который

клялся, что вождь жив, пытался вышибить слезу: мол, дела зашли так далеко, что его попросту убьют, и наконец произносил классическое «ну что же мне сделать, чтобы ты поверил?». Капрон слезу не пустил, на чем сделка и сорвалась. Впрочем, наверняка гонорар за свой материал на канале он получил. А вот те, кого подобного рода рассказы трогают до глубины сердца (или в ком жадность заглушает инстинкт самосохранения), порой страдают, и очень сильно. В лучшем случае расстаются с крупными деньгами — один саудовский купец в афере с дублем посольства ЮАР потерял 100 тысяч долларов. А можно еще и лишиться свободы и затем выкупать свою жизнь не у мошенников, а у вымогателей, что несравнимо опаснее.

Однако порой на выручку жертвам приходят помощники-супергерои, причем зло интернет-мошенников вызывает, очевидно, такое возмущение, что в борьбе с ним объединяются и светлая, и темная стороны силы: среди праведных интернет-воинов были замечены Венера Милосская и Дарт Вейдер. Эти борцы прекрасно маскируются, не без основания подозревая, что интернет-мошенники — совсем не безобидные артистические натуры, но могут быть связаны с мафиозными кланами, у которых, как всем известно, длинные руки. Кроме того, порой они сами совершают действия за гранью закона, например блокируя сайты или проникая в почтовые ящики злоумышленников и похищая их переписку, которая затем неведомым способом оказывается в руках правоохранителей.

Борьба идет по нескольким сценариям. Самое простое — вступить в переписку и заставить мошенника тратить время и силы на разработку сложной операции. Почуввав добычу, тот делает подставные сайты, фабрикует пачки документов, выезжает в отдаленные поселки, чтобы забрать выманенные у псевдожертвы деньги, и все это впустую. Порой в награду за старания мошенник получает почтовый ящик, забитый подставными сообщениями о согласии сотрудничать, в потоке которых теряются письма настоящих жертв. Ради этого защитники справедливости обзаводятся даже роботами. Иногда мошенников удается сфотографировать в смешных позах, и затем эти фотографии широко расходятся по Сети, подрывая их авторитет у коллег по бизнесу, либо распространяется молва о каких-то их порочных пристрастиях вроде зоофилии, что опять же негативно воспринимается в сообществе аферистов.

Время от времени на злоумышленниках удается подзаработать — ходит легенда об одном товарище по борьбе, который в преддверии покупки партии золота на 1,8 млн долларов сумел-таки получить из Ганы стодолларовый образец на анализ. Но, как правило, такая борьба бескорыстна, ею занимаются для развлечения или из любви к искусству. Полиция же смотрит на их деятельность сквозь пальцы и отмечает, что без помощи общественности потери от действий мошенников были бы больше.





# Прикладная этика

Сергей Звонарев

Профессор, отложив учебную ведомость, глянул на доску и вздохнул: студент маялся с разложением зависти на досаду и злость, безнадежно напутав в самом начале — не так на правил вектора.

— Ладно, Бобров, — сжалился профессор. — Вот вам до-полнительный вопрос: обида — это скаляр или вектор?

— Век... нет, скаляр! — решил несчастный.

Профессор крикнул от досады.

— Садитесь, Бобров, два.

— Но я же учил! — Студент совал тетрадку: — Вот, домашку сделал! Разложил фрустрацию по разочарованию и желанию! А обида три недели назад была, так нечестно, Сергей Николаевич!

Профессор жестом отправил студента на место и мягко спросил, когда тот сел:

— Вот что вы сейчас чувствуете?

— Обиду, — буркнул Бобров, зыркнув исподлобья.

— На кого? Ну, смелее, не бойтесь, — подбодрил двоечника Сергей Николаевич.

— На вас!

— Верно! Обида направлена на кого-то, поэтому она вектор.

А терпение?

— Скаляр, — раздалось сразу несколько голосов.

— А зависть?

— Вектор!

— И как уменьшить его величину?

— Делением на терпение!



НАНОФАНТАСТИКА

— Ну, хорошо, — согласился профессор. — Кое-что вы все же усвоили...

— А любовь? — спросила отличница Маша, проникновенно глядя большими глазами. Студенты оживились. — Вы сказали, что в следующий раз объясните! — напомнила она.

Профессор мысленно поморщился: не обещал я такого, опять выдумывает. Как всегда, прочитала учебник вперед и решила, что сразу во всем разберется! Увы, учебника недостаточно, даже если в зачетке одни пятерки...

— Дорогие мои, прежде чем приступить к любви, вам надо научиться работать с терпением, сочувствием, смирением. Научиться растить вектор надежды и компенсировать им разочарование. И уж как минимум справляться с обидой — это обязательное условие. Вот Бобров теперь умеет.

— Да уж, умею, — откликнулся тот несколько даже с вызовом. — Маш, обращайся, научу!

— Как это долго, — вздохнула та, игнорируя Боброва, — терпение, сочувствие...

— Да, — тихо согласился профессор и, словно вспомнив что-то, добавил: — Это долго.

Встряхнувшись, он окинул взглядом аудиторию и пред-ложил:

— Давайте начнем новую тему, а то мы до любви никогда не дойдем. Итак, записывайте.

Студенты зашелестели тетрадками.

— Сдержанность — это скаляр, равный отношению малого провокационного воздействия к величине вызванной им оби-ды. Единица измерения — один сократ. Типичная величина сдержанности — миллисократ...



# Возвращение железных дорог



flickr.com / Max Talbot-Minkin

Когда-то давно, в позапрошлом веке, рельсовые пути устроили революцию в наземном транспорте. Протянувшиеся через континенты железные дороги увеличили скорости и объемы перевозок на порядок по сравнению с тогдашними шоссе и гужевым транспортом. Хотя, казалось бы, тогдашние паровозы перемещались со скоростями, которые заставят рассмеяться даже современного замученного пробками автомобилиста. Но паровоз не требовал отдыха, как лошади, ему не мешала распутица. К тому же и количество пассажиров и груза, которое он мог перевезти, было по тем временам огромным.

На протяжении XX века роль рельсового транспорта в грузо- и пассажироперевозках неуклонно снижалась. Сначала появились автомобили и сеть асфальтированных автострад, детище Великой Депрессии. Автомобили хороши тем, что не нужно связываться ни с какими крупными компаниями, устраивать пересадки и перевалку груза, согласовывать время поездки с расписанием. Сел в машину, погрузился и поехал. Если пропускной способности общедоступной государственной дороги хватает, то и замечательно.

Потом, после Второй мировой, на роль самого удобного пассажирского транспорта стали претендовать самолеты. Конечно, аэропортов на свете гораздо меньше, чем железнодорожных станций, конечно, в самолетах куда более жесткие ограничения на вес багажа,

но скорость, уже к концу третьей четверти XX века вплотную приблизившаяся к скорости звука, искупала все.

Железная дорога на первый взгляд объединяет недостатки самолета — ограниченное число рейсов по расписанию, необходимость добираться до вокзала и от вокзала до пункта назначения, пересадки, с недостатком автомобиля — малой скоростью. В результате железнодорожное сообщение понемногу начало хиреть. Разве что метро в многомиллионных мегаполисах оставалось вне конкуренции, да пригородные электрички, особенно в странах, где заметная часть зажиточного населения переселилась в пригороды, по-прежнему перевозили толпы пассажиров. Ведь уже в середине XX века мегаполисы мира стали задыхаться от избытка автомобилей. И здесь рельсовый транспорт, который ходит по расписанию (а значит, избавлен от заторов, возникающих из-за стихийности автомобильного движения), движется по своим путям вне городских улиц и гарантирует, что от станции до станции доставит за указанное время, оказался в выигрыше.

На дальних маршрутах эти преимущества оставались менее заметными. В конце XX века новую жизнь в него вдохнуло появление высокоскоростных поездов. В разных странах — во Франции, в Швеции, Германии — стали строить поезда, способные развивать скорости 200—300 км/ч. Да, под них пришлось

строить специальные рельсовые пути, потому что пути, рассчитанные на старые поезда, не выдерживают таких нагрузок. Но зато на многих маршрутах эти поезда по общему времени в пути сравнялись с самолетами. Ведь для того, чтобы полететь на самолете, нужно сначала доехать из города до аэропорта, потом пройти контроль безопасности, существенно усложнившийся в последние годы после ряда громких терактов, потом самолет, прежде чем набрать крейсерскую скорость, должен занять выделенный ему эшелон, а затем он будет точно так же снижаться, потом нужно дождаться багажа и доехать до города... В результате от выхода из дома до взлета проходит два-три часа и не меньше часа от посадки до точки назначения. А железнодорожные вокзалы расположены в центре городов, и до них легко добраться на городском транспорте.

Сегодня на маршрутах протяженностью менее тысячи километров, например Москва — Санкт-Петербург или Стокгольм — Гётеборг, скоростной поезд не проигрывает самолету. Более того, перемещаясь самолетом, пассажир все время стоит в очередях на всякие регистрации, торопится из одной очереди в другую, нервничает. А в поезде он занимает кресло и все время поездки занимается своими делами или спит.

Сон в дороге — неотъемлемое преимущество поезда и на более дальних

расстояниях. Спальные (а также более дешевые купейные и плацкартные) вагоны появились на железных дорогах почти сразу же с появлением на них пассажирского сообщения и остаются актуальными, поскольку до сих пор хватает маршрутов продолжительностью несколько суток.

В Китае, где сейчас самая большая в мире сеть высокоскоростных магистралей и есть маршруты протяженностью до 1800 км, например Пекин — Шанхай, уже скрестили скоростной поезд со спальным вагоном (<http://www.top-news.top/news-13061542.html>). Как выяснилось, есть довольно много желающих проехать в поезде не шесть часов, а двенадцать, если при этом можно нормально выспаться.

Предел, который способны обеспечить современные высокоскоростные поезда, — 300—350 км/ч. И хотя при этом реально линии до 1800 км, а с появлением спальных вагонов и больше, на этом человеческая мысль не останавливается. Дальнейший прирост скорости железных дорог лимитируют колеса и рельсы. Слишком велики нагрузки на таких скоростях, быстро расшатывается рельсовый путь, даже если рельсы уложены на сплошное бетонное основание, как на китайских высокоскоростных магистралях. Поэтому инженеры обращают свой взгляд к другим способам удержания вагонов на полотне — магнитной или воздушной подушке.

Одна линия высокоскоростного маглева (от англ. magnetic levitation — магнитное парение) уже действует в Китае, связывая Шанхай с его аэропортом. На этой линии используется технология, позволяющая достичь скорости более 400 км/ч.

Куда более амбициозный проект развивают японцы. Они планируют связать Осаку с Токио (более 500 км) линией маглева скоростью до 600 км/ч. И на испытательном полигоне эта скорость уже достигнута. Но строительство самой до-

роги не будет ни быстрым, ни дешевым. Для того чтобы полностью реализовать преимущества любой высокоскоростной технологии, уклоны дороги должны быть небольшими, а повороты плавными. Между тем места в Японии мало, страна гористая, плотность населения там, где планируется построить эту дорогу, высокая. Поэтому придется большую часть дороги прокладывать в тоннелях, что на сейсмически неспокойных островах не так-то просто. Но чего только не сделают люди, лишь бы добраться из Осаки в Токио за час.

Не обошел стороной проблему высокоскоростных железных дорог и знаменитый инноватор Илон Маск. Несколько лет назад он опубликовал описание технологии Hyperloop — капсул-вагонов, движущихся на воздушной подушке в трубе, из которой откачан воздух до давления в сто раз ниже атмосферного. По расчетам, этот вид транспорта должен развивать скорость до 1200 км/ч.

Опубликовав этот проект, Маск объявил, что не собирается сам развивать эту технологию, и предложил заняться этим любым желающим. Он не раз говорил, что его мечта — создание самодостаточной колонии на Марсе. Вот он и выдал эскизную проработку транспорта для условий марсианской атмосферы. На Марсе труба Гиперлупу не понадобится, там давление естественной атмосферы как раз такое, как предусмотрено его эскизами. Понимая, что никто не объемлет необъятного, он хотел сосредоточиться на средствах достижения Марса, предоставив другим разрабатывать технологии, которые потребуются для существования самой колонии. И желающие разрабатывать эту технологию нашлись.

Но проекты Маска иногда дают странные пересечения. Так уже было с электромобилями «Тесла» и компанией «Solar City», устанавливающей солнечные батареи на дома. «Теслы» потребовали массового производства аккумуляторов, а разворачивание этого



## МЫСЛИ О БУДУЩЕМ

производства позволило выпустить на рынок аккумулятор для домов Power Wall.

Так получилось и на этот раз. Одна из последних игрушек Маска — «Boring Company», которая должна создать сеть транспортных тоннелей под Лос-Анджелесом. (Кстати, и эта технология не бесполезна для марсианской колонии.) Если объединить технологию скоростного бурения тоннелей с технологией Гиперлупа, получится проект сверхскоростной дороги от Нью-Йорка до Вашингтона, который обещает доставлять пассажиров из крупнейшего финансового центра США в столицу всего за полчаса, впятеро быстрее ныне циркулирующих там скоростных поездов и в десять раз быстрее, чем легковой автомобиль.

Непонятно, удастся ли реализовать этот проект. Пока на испытаниях прототипы Гиперлупа быстрее 350 км не разогнались. Чтобы развить полную скорость, нужно построить на полигоне очень длинную линию. Различные прототипы поездов на магнитной подушке тоже сталкивались с этой проблемой. И пока японцы не построили достаточно большую экспериментальную линию, обещания про 600 км/ч оставались обещаниями.

Но очевидно, что роль высокоскоростных поездов в транспортной системе будет расти. Причем не только на таких коротких маршрутах, как Москва — Петербург или Осака — Токио, но и на таких, как Пекин — Шанхай или Москва — Адлер. Возможно, если экономика Китая будет развиваться столь же динамично, как сейчас, через десятилетие мы увидим высокоскоростную магистраль Пекин — Москва — Берлин — Лондон, которая позволит пересечь всю Евразию за сутки-двое.

**Виктор Вагнер**





Все фото: Дмитрий Степанов

# Черная металлургия Белокаменной

*Куй железо, пока горячо.*  
Пословица

Остановленный завод — огромный организм, чей тихий и величественный сон уже не нарушает человек. По темным туннелям текут ручьи, ледяная кровь замороженного предприятия, соприкасаясь с которым в настоящем, можно почувствовать его прошлое. Историю.

В 1852 году у Пьера (Петра Осиповича) Гужона, француза, открывшего в Москве свое дело — сначала гвоздильный заводик за Бутырской заставой, а потом и Шелковую мануфактуру на Шаболовке, родился сын — Юлий Петрович Гужон. Развивая начинания отца, он задумался о более крупном производстве и в 1883 году подал прошение московскому начальству: «разрешить железопрокатное производство, с постановкой машин и станков, на вновь устраиваемом мною заводе», а для организации дела создал Товарищество Московского металлического завода. В правление

товарищества вошли представители известных немецких фамилий — были там фон Вогау, Арманды, был и филантроп-предприниматель Г.П.Марк (см. «Химию и жизнь», 2012, 10). В том же году, недалеко от Рогожской заставы и началось строительство завода Гужона.

Как и предприятие Пьера Гужона, новый металлический завод изготавливал прежде всего гвозди и другой крепеж. Но для него необходимо сырье — проволока-катанка. Ее получают, прокатывая полученную в сталеплавильном отделении заготовку. Эту проволоку нужно было нарезать, проковать до нужного размера (старинные гвозди выходили из-под молотка кузнеца и были квадратного сечения) и расковать шляпку. На современном производстве катанку не куют, а протягивают сквозь очко для получения нужного диаметра и проволоку подают в гвоздильный автомат. В общем, массовое производство гвоздей неизбежно требует производства проволоки, а там и производства металла. Неудивительно, что в 1890-м на заводе была запущена первая мартеновская печь для изготовления качественной стали. Из нее катали не только проволоку, но и трубы,

и листы. Сырьем служили уральский чугун и донбасский уголь. В начале XX века Московский металлический завод продолжал расти, и в 1917 году число рабочих превысило три тысячи.

Как и большинство промышленников того времени, Юлий Гужон жестоко подавлял забастовки, вызванные обсчетами, штрафами, неоплачиваемым сверхурочным трудом. Известна такая его фраза: «Русские рабочие в свободное время все равно ничем, кроме пьянства, не занимаются. Профессора напрасно пекутся о рабочих; последние сами великолепно отстаивают свои интересы при помощи профессиональных союзов, мощь которых служит лучшим показателем их значения».

Ю.П.Гужона убили в декабре 1918 года, это случилось не в Москве, а на его даче под Ялтой. Несмотря на ноту, которую выставило командование сил Антанты выставило Крымскому правительству, и проведенное расследование, до сих пор неизвестно, кто совершил преступление — рядовые грабители, или же то была охота за скрытыми в Швейцарии общественными капиталами, к которым Гужон, как бессменный председатель Московского общества заводчиков и фабрикантов, мог иметь отношение.

В том же 1918 году главное детище Гужона было национализировано, а в 1922-м переименовано в Московский



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

металлургический завод «Серп и Молот». Грянули перемены, связанные с установлением Советской власти. Для некоторых социальных классов они оказались роковыми. Но как изменишь жизнь крестьян или рабочих? Здесь требуется механизация сельского хозяйства и производства. И превращение СССР в индустриальное государство шло полным ходом: «Даешь пятилетку в четыре года!». Лозунги разжигают трудовой энтузиазм. Плавится металл, мерцает пламя мартена, и к 1928 году завод выходит на довоенный уровень (90 тыс. тонн стали в год), а в 1931 году начинает выпуск специальных сортов сталей — именно для них наиболее подходит неторопливое мартеновское производство, когда плавка занимает несколько часов, а не десятки минут, как в конвертере.

В 1963 году началась, а в 1976-м завершилась замена мартенов на электропечи, завод же полностью перешел на выпуск высоколегированных и нержавеющей сталей и проката из них. Модернизации продлевали и на десятилетия продлили работу Московского металлического завода. Да, изменившего название, реконструированного, но по большому счету все такого же, каким он был в начале своей истории, то есть в последние десятилетия XIX века.

На заре нового тысячелетия промышленные зоны Москвы стали превращаться в жилые комплексы с парками, стадионами, развлекательными центрами: в 2011 году на заводе в последний раз выплавляли сталь. Территорию тогда еще не снесенного предприятия преобразовали времена года, и, возвращаясь на него вновь, я будто приходил

впервые. Осенью вместе с металлом ржавели листья. Весной из-под талого снега проступало железо: что посеешь, то и пожнешь. На окруженной столичной суевой земле, куда, похоже, давно не ступала нога человека, стало страшно находиться. Узкие проезды. Приоткрытые двери строений. Пыль, окалина, металлический лом и что-то еще, неосвоенное, трудноразличимое. Кажется, будто реальность сама возникает лишь в момент, когда на тот или иной объект падает взгляд наблюдателя, почти как в квантовой механике. «Чего я не увидел? Что же там было... могло быть?» — на эти вопросы нет ответа ни в этой заметке, ни на уже несуществующем заводе.

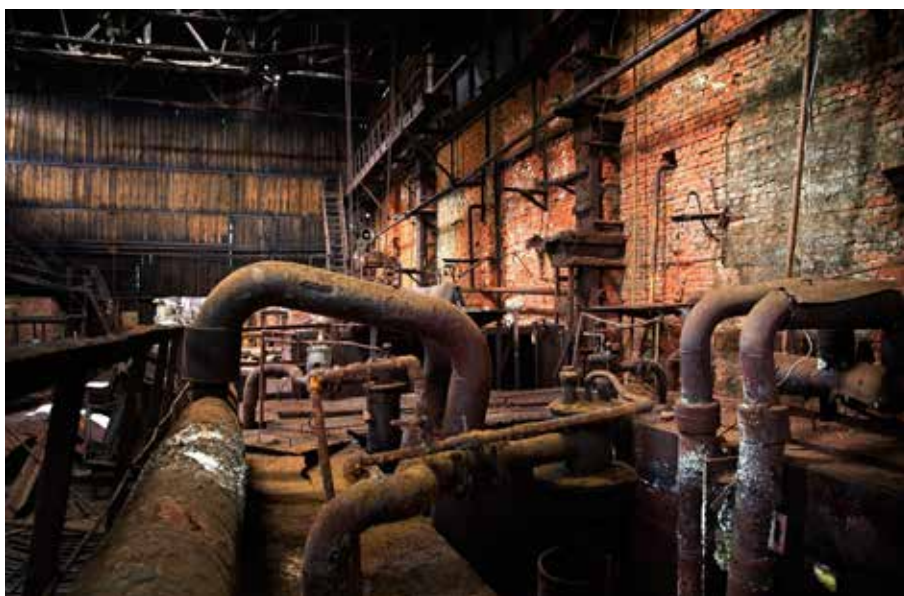
Нынешние производства никогда не будут такими: с деревянными крышами цехов, с дощатым полом. В современных производственных зданиях нет места кованому железу и кирпичу, они лишены той, особой, эстетики. Технический прогресс делает возможным создание принципиально новых товаров, в которых мы начинаем нуждаться лишь с их появлением: предложение рождает спрос. И все же продукция, выпускаемая в настоящем, нередко не столь ценима, как вещи, давно находящиеся в обращении.

Вместе с тем мы не задумываемся о красоте и историческом значении старых, зачастую недействующих предприятий. Тех самых, где были сделаны антикварные вещи или сталь, которая по сей день продолжает свою службу в памятниках архитектуры.

С другими фотографиями бывшего завода «Серп и Молот» можно ознакомиться здесь:

<https://www.facebook.com/StepanovDmitryAlexandrovich>

**Дмитрий Степанов**



# Рассуждения капиталиста

## Несколько слов по вопросу об увеличении оборотных средств в народе и привлечении в Россию иностранного капитала

Ю.П.Гужон

Москва,  
Товарищество типографии А.И.Мамонтова,  
1909

**От редакции.** Юлий Петрович Гужон не только был создателем одной из российских металлургических империй с центром в Москве, но и пользовался большим авторитетом среди российских промышленников — возглавлял их союз, состоял членом биржевого и многих других комитетов. В период предвоенного и межреволюционного кризиса он, как и многие другие промышленники, пострадал от сокращения заказов на свою продукцию. Для металлурга выход из ситуации очевиден: получить крупный заказ на инфраструктурный проект, и таким проектом казалось развитие железных дорог. Однако у страны, разоренной проигранной войной, казнокрадством и смутами, на подобный проект не хватало средств. Соображения, как их добыть, Гужон изложил в своей брошюре, изданной в 1909 году. Некоторые из соображений этого весьма прагматичного капиталиста, как и характеристики положения Российской империи в то время, довольно интересны сегодня, поэтому мы публикуем конспект этой брошюры.



*Юлий Петрович Гужон (1852–1918)*

Известно, как ограничены потребности русского человека; благодаря своей темноте и неразвитости, он доводит их до минимума, сводя к тому, чтобы быть только сытым, об удобствах же, о запросах ума, он имеет смутное лишь представление, и тем не менее при таких скромных потребностях крестьянин стонет, жалуется и месяцами питается лебедой.

Произошло это оттого, что при своем освобождении от неволи пятьдесят лет тому назад сельское население России получило землю, обремененную выкупными платежами. Ни правительство, ни высшее сословие страны — дворяне не подумали, что народу нужны и свет, и культура, и знания, что только при помощи этих элементов крошечные клочки наделов сумели бы поддержать и кормить население по возможности лучше и дольше. В результате мы дошли до того, что люди массами бегут из деревни, не находя там ни хлеба, ни заработка.<...>

Но не будем говорить о прошлом, которого не вернешь; не станем повторять того, что у всех так сильно наболело, а посмотрим, что же нужно сделать, чтобы вывести Россию из того тупика, в который ее толкнули, чтобы хоть сколько-нибудь скрасить то умственное и материальное убожество, в котором она сейчас находится.

Ныне об этом приходится заботиться уже не первому сословию в России, в лице дворянства, а самому народу в лице его избранных и представителей, вышедших из его среды, живших с ним и бывших свидетелями его недоверия, его неурядиц и оскудения.<...>

Чем ниже уровень умственного развития страны и ее граждан, тем менее продуктивен их труд и тем более ограничены их жизненные потребности.<...> У русского обывателя из народа, к сожалению, минимум потребностей.<...> Вывод из этого ясный и простой: будущность промышленности обеспечена спросом, так как потребности

населения могут только увеличиваться, во всяком случае, не уменьшаться.<...> Это должно наступить и наступит, когда новый, еще не вполне окрепший, государственный строй внедрится в народное сознание, а ожидаемые от него реформы соскредут с народа прилипшую к нему кору векового невежества, с души же его вытрявят апатию и инертность. Поэтому промышленники, коих горизонт простирается несколько больше того, какое занимают принадлежащие им мастерские, убеждены, что рынок в России не может уменьшаться, а должен с годами становиться обширнее, в особенности если считаться с ежегодным приростом населения в 2 400 000 человек, т. е. около 2%, и с отсутствием эмиграции, как это наблюдается в Западной Европе.<...>

Но благосостояние народонаселения складывается не из одного только труда и потребления; необходим и еще один фактор — капитал, т. е. оборотные средства. Капитал не так легко произвести, как людей; к тому же рождающиеся не приносят с собой оборотных средств.<...>

Если нет капитала, а оборотных средств в народе недостаточно, — надо подумать о создании кредита внутри страны для населения и вне ее для займов государственных и для займов общественных и промышленных учреждений. Денежные средства в народе дают ему возможность оборачиваться, приобретать товары, оказанный же ему кредит заставляет его работать не только для пропитания, но и для того, чтобы вернуть полученные в долг деньги.<...>

Я вовсе не хотел бы расточать похвал сельским торговцам и лавочникам, но не могу не подчеркнуть, что роль их в жизни народных масс во многих отношениях принесла немало пользы в то время, как народ получил землю, обремененную выкупными платежами, без всяких оборотных средств, — местные торговцы и промышленные «мужички» сделались единственными посредниками кредита в деревне, оказывая его и под видом раздаваемого в долг товара, и путем выдачи денежных авансов.<...>

Нельзя отрицать, что часто такие деревенские quasi «благодетели» досаждали народу своими чересчур большими поборами за оказанное доверие и население клеймило их прозвищем ненавистного народу «сельского кулака». Тем не менее нельзя не отметить, в особенности после пережитых последних смутных лет, когда в изобилии жгли помещичьи усадьбы, громили общественные склады и шла расправа со всеми, кто был не мил деревне и кого она считала виновником своих бед и невзгод, — что редко приходилось слышать о проведении над ними насилия. <...>

Изложенное приводит меня к убеждению, что мелкий лавочник, торговец, трактирщик в деревне представляются пока еще надежным и желанным кредитором для сельского обывателя. А придя к такому убеждению и подыскивая способы к увеличению оборотных средств в населении, я невольно наталкиваюсь на тот большой вред, который оказала на уменьшение кредита в деревне казенная монополия продажи вина.

Приверженцы винной монополии утверждали, что она уменьшит пьянство в народе и благотворно отзовется на всем укладе сельской жизни. В действительности ничего подобного не произошло, и статистика показывает громадное увеличение потребления спиртных напитков в народе, несмотря на то что население покупает водку исключительно за наличные деньги. Не уменьшив пьянства в деревне, монополия зато уничтожила серьезный источник кредита для торговцев и лиц, занимавшихся трактирным промыслом. Раньше вино покупалось в большинстве случаев в кредит на шестимесячный срок; выручаемые за это время от продажи вина деньги служили для торговцев оборотными средствами и раздавались в народе и товаром, и наличными деньгами. Народная масса поэтому всегда имела в своем распоряжении огромные суммы денежных знаков, которые теперь изъяты из обращения «казенкой», исполняющей ныне роль насоса для выкачивания наличных денег из деревни и в этом отношении приносящей неисчислимый вред стране, бедной и без того денежными средствами. Следует пожелать, чтобы правительство <...> имело мужество признать принесенное этим зло. <...>

Требуется еще каким-либо иным путем привлечь капиталы в страну, а между тем, за отсутствием объекта для кредита, последние трудно раздобыть: ни народ сам по себе, ни Правительство, задолжавшее одной Франции одиннадцать миллиардов франков и расходующее займы на непроизводительные нужды (вооружения и стратегические

железные дороги), не могут рассчитывать на кредит. <...>

Здесь мы подходим к вопросу о русских путях сообщения.

Вопрос этот общегосударственный, так как касается упорядочения железных дорог, речных сообщений и портов, и при огромных пространствах, которые должны пробегать вывозимые товары в пределах необъятной России, приобретает, более всякого другого вопроса, первостепенное значение, затрагивая интересы всей страны «от финских хладных скал до пламенной Колхиды».

Настоящая сеть русских железных дорог имеет длину 60 000 верст. Уже несколько лет тому назад Министерство путей сообщения составило перечень настоятельно нужных улучшений, вызываемых расстройством в железнодорожном хозяйстве, которые необходимо осуществить в ближайший шестилетний период, причем сумма потребного на это расхода исчислена в размере одного миллиарда рублей. <...>

К сожалению, Правительство, при полном сознании надвигающихся затруднений, не располагает достаточными денежными средствами и не может рассчитывать получить их в ближайшем будущем. <...> Налоговое бремя, по признанию самого Министерства финансов, доведено уже до высшей степени напряжения; рассчитывать на работоспособность этого аппарата не приходится, и потому оно твердит о бережливости, забывая, что чрезмерная экономия в производительных расходах вызывает подчас непоправимые вредные последствия. <...>

Ели мы обратимся к цифрам и попытаемся сравнить нашу железнодорожную сеть с сетью Северо-Американских Соединенных Штатов, перевозящую более всего такие же малоценные грузы, какие идут по русским железными дорогам, то легко убедиться, что экономическая конъюнктура русской сети выгоднее американской. <...> В Штатах провозной тариф на 22% ниже, а выручка на версту отстает на 15% от нашей; <...> в Америке служащие на железных дорогах получают за свой труд более в три раза, чем в России; <...> несмотря на все очевидные, таким образом, преимущества в обстановке русских железных дорог, сравнительно с американскими, — первые, вместо пользы на затраченный капитал, ежегодно приносят более 100 миллионов рублей убытка русской казне и около 32 миллионов лишнего расхода русскому населению, уплачивающему более высокие, чем в Америке, тарифные ставки, а вторые — дают около 5% чистой прибыли своим акционерам.

Если теперь после краткого обледования затронутого вопроса станет



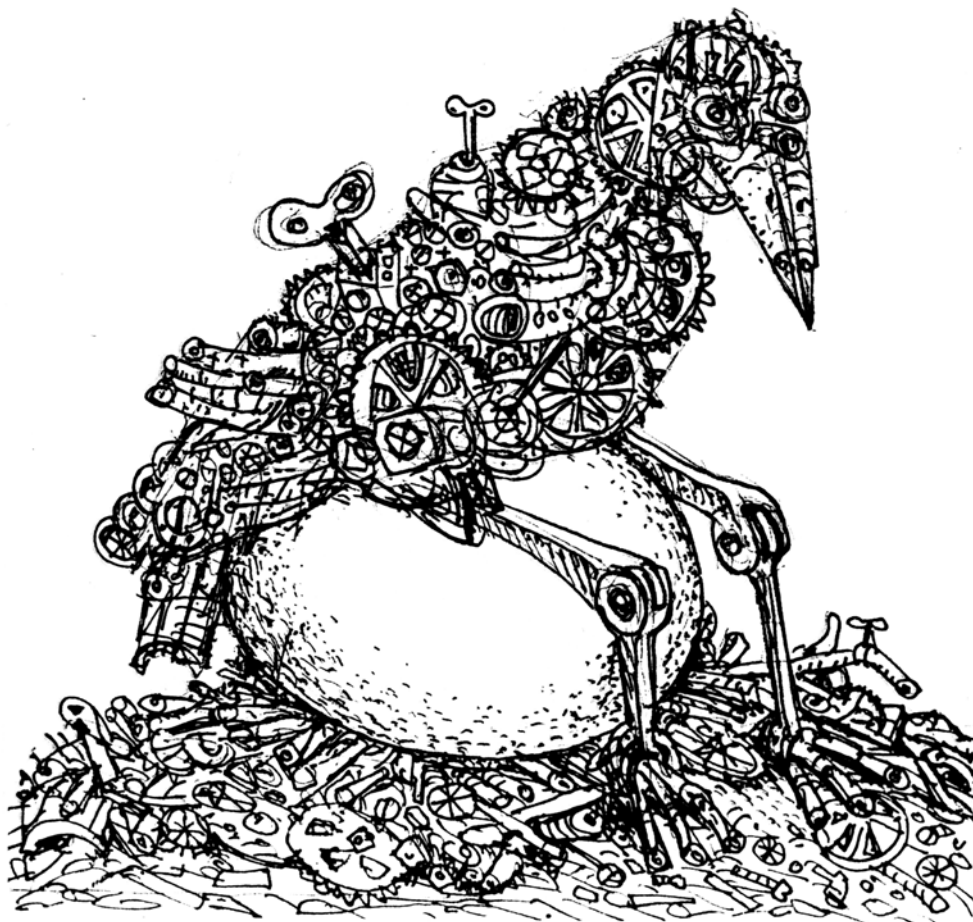
АРХИВ

более или менее ясно, что государственные железные дороги под казенным управлением дали отрицательные результаты <...>, то не своевременно ли сейчас же, пока железнодорожное хозяйство не пришло еще в полный упадок, изучить те условия, на которых с выгодой для государства могла бы быть передана в частные руки эксплуатация казенных железных дорог.

Я хотел бы при этом избежать разговоров о патриотических чувствах и пожеланиях видеть русские железные дороги в эксплуатации исключительно русских предпринимателей. Конечно, последнее было бы очень желательно, но национальное самолюбие русских граждан вряд ли много от этого выиграло бы. Что в России денег нет — это всем известно, а бедность не порок; рассуждать же о чувствах патриотизма в то время, когда народное достояние гибнет и уничтожается, — мне кажется, не следует. Если можно и патриотично на иностранных рынках занимать деньги на броненосцы и на стратегические линии в джунглях и степях далеких и необитаемых окраин, то почему нельзя употребить иностранные деньги для железных дорог внутри страны, где население страдает от бездорожья и плохих дорог? <...>

Отыскивая поэтому путь и способ для разрешения назревшего вопроса о правильной постановке железнодорожного дела и дальнейшего его развития, я усматриваю здесь одну лишь возможность — это обратиться к иностранному капиталу, который единственно в состоянии осилить сию широкую задачу. Настойчивая же к тому необходимость вынуждает мириться с указанным фактом, быть может, несколько неприятным для кажущейся национальной гордости. Вся американская железнодорожная сеть была построена на иностранные деньги, и тем не менее знамя американского народа гордо развевается теперь среди Великих Держав. <...>





**Если вы  
скачали этот  
номер  
журнала  
Химия и  
жизнь  
с бесплатного  
сайта,  
то**

**оплатить труд журналистов, редакторов,  
художников и корректоров вы можете  
по адресу:**

**[http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/  
kiosk\\_onpayvznos.php](http://www.hij.ru/buy_subscribe/kiosk_onpayvznos.php)**



**Если вам  
надоело  
скачивать  
случайные  
номера  
журнала  
Химия и  
жизнь  
с бесплатного  
сайта,  
то**



**с любого номера вы можете подписаться  
на бумажную или электронную версию  
журнала по адресу**

**[http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/](http://www.hij.ru/buy_subscribe/)**

# Terra del Fuego

## Путешествие Николая Альбова по Патагонии и Огненной Земле

Кандидат биологических наук

**Н.В.Вехов**

Огненная Земля, или Terra del Fuego, — это самый край Южной Америки, аналог евразийской Субарктики. Одним из тех, кто сто двадцать лет назад изучал эту Землю и стал настоящим классиком аргентинской науки, был наш соотечественник, ботаник и путешественник Николай Михайлович Альбов (1866—1897).

**В**ыпускник Новороссийского университета, один из ярчайших знатоков-кавказоведов, Н.М.Альбов оказался на самом краешке Южной Америки совершенно случайно. Находясь во Франции, Николай Михайлович встретил в Париже своего знакомого по Женеве, аргентинского консула. Тот пригласил его в Аргентину, где ботаника ждало много интересной работы: «Ученых людей там очень ценят, так как у нас их не хватает». После этой встречи события в жизни Альбова начали развиваться стремительно.

Рассвет 27 сентября 1895 года застал Николая Альбова в знаменитой Ла-Рошели, французском приморском городке, откуда он отплыл на английском пароходе «Потоси», принадлежавшем компании «Pacific Stream Navigation Company». Пароход увозил русского путешественника и ученого в неизвестную Аргентину. Увезил навсегда!

Через три недели, 22 октября, Николай Михайлович уже в столице Аргентины Буэнос-Айресе. «Путешествие прошло для меня благополучно, несмотря на все лишения, которые я претерпел во время переезда, и в особенности на грязь, которой я был окружен на пароходе, будучи пассажиром 3-го класса, прибыл я сюда здоров и невредим».

В начале ноября 1895 года Альбов сообщал родным в Россию, что «стал здесь, на американской почве, совершенно твердыми ногами. А именно, я получил место ботаника при музее Ла-Платы. Обязанности мои будут состоять: летом (т. е., по-вашему, зимой) путешествовать за счет музея в разных местах аргентинской республики и собирать коллекции, а зимой (т. е., по-вашему, летом) разрабатывать их. Когда вы получите это письмо, я, вероятно, уже буду в дороге — где-нибудь в Патагонии или в Кордильерах». Ему несказанно повезло, ведь музей Ла-Платы — крупнейший на то время в мире. Равных ему не было даже в Европе, а Николай Альбов к тому времени успел посетить английские, французские, итальянские и швейцарские музеи.

Отчеты Николая Альбова о поездках за образцами показались нам достаточно любопытными, чтобы познакомить с ними читателя «Химии и жизни», хотя бы в кратком пересказе. Даже по прошествии ста двадцати с лишним лет на том краю Земли бывали немногие наши соотечественники.

**В** конце ноября — начале декабря Альбов путешествовал по горам Сьерра-Вентона, в 600 километрах к югу от Ла-Платы. От столицы Аргентины «рельсовый путь» пролегает по совершенно дикой пампе, где там и сям разбросаны редкие хутора и поселки. Напоминаая, в общем, наши степи, пампа резко разнится от них по своей растительности: она не имеет тех пестрых и ярких цветов, которые украшают степи, представляя собой однообразные пространства: поросшие



сплошь то гигантскими злаками, то чертополохом, завезенным сюда из Европы. Видел я также в пампе стада диких страусов (американский вид размерами значительно меньше африканского). Птиц в пампе видимо-невидимо. Человека они совершенно не боятся; куропатки спокойно переходят перед вами дорогу, а маленькие грациозные совки пампы, усевшись на проволочных проводах, флегматично рассматривают все, что проезжает мимо верхом. Среди них есть один вид попугая и две очень красивые маленькие птички: «recho amarillo» — желтая грудка и recho logado» — черная с ярко-красной грудью (желтопоясничный болотный кассик и красногрудый болотный кассик. — Н.В.). Последняя чрезвычайно ручная; когда утром мы были на станции, каждый день являлась она к нам утром и вечером делать свой визит: усядется на крошечном кустике коллекции против нашей веранды, пропищит: чирик, чирик и чи-и-ик, растягивая последнее слово, затем вспорхнет и улетит. Колибри также водится в пампе, но гораздо севернее. В Ла-Плате очень обыкновенны два ее вида, которые залетают часто в сады».

От железнодорожной станции Торнквист Николай Альбов и его спутники, зоолог из музея Ла-Платы и университетский ботаник, отправились на эстансию (хутор), затерявшийся в самом центре гор Сьерра-Вентона. Там, в горах, они устроились весьма недурно: в их «распоряжении» была просторная комната, выходящая на юг, с видом на горы, ночью прямо перед нами загоралось созвездие Южного Креста» Ботаник из университета в то время оказался единственным ученым этого профиля в Аргентине!



Н.М. Альбов за работой в музее Ла-Платы



*Непроходимые магеллановы леса покрывают внутренние районы Огненной Земли.*

Две недели пролетели быстро. Путешественника окружали невысокие, не более 1350 метров, горы, чрезвычайно дикие и совершенно голые, ни деревца, ни кустика, и скудная травянистая растительность — вербена, злаки, паслен, сложноцветные, всевозможные кактусы, часть из которых сегодня уже разводят в виде комнатных растений. Кактусы весьма затрудняли путешествие — «иглы то и дело вонзаются в ногу. Моя тонкая кавказская обувь оказалась совершенно непригодной, пришлось купить местную обувь — альпарахты, — легкие полотняные туфли с толстой подошвой, плетеной из веревки».

В этой части Аргентины местность изобиловала змеями. «Мы убили до 8 видов; из них один — крестовая змея — чрезвычайно опасный, так как ужал ее обыкновенно смертелен. Есть в пампе и гигантская боа, змея в несколько метров длины и толщиной в руку — совершенно безопасная, но мы ее не видали, она очень редка в горах. Из зверей здесь — в горах и пампе — масса пумы, или американского льва. Этот зверь размерами много меньше африканского и не имеет гривы. Он чрезвычайно трус и от человека всегда убегает, даже будучи раненым. Охотятся на него с собаками. Я видел на эстансии чучело недавно убитой пумы. В горах она кишит — мы видели

одну пещеру, служившую притоном этого зверя, в которой земля вся была покрыта отпечатками лап пумы. В пещере валялись обглоданные остовы быка и гуанако. Гораздо опаснее пумы американский тигр, или ягуар; он достигает солидных размеров и чрезвычайно свиреп; от человека, впрочем, тоже убегает, но, будучи ранен, вступает в бой. Из безобидных животных назову гуанако, который заменяет в здешних горах серну и дикого козла европейских гор. Это крупное и стройное животное из семейства верблюдов, с длинной шеей и маленькой мордой, напоминающее верблюда; крик тоже вроде верблюжьего, какое-то хрюканье; хвост чрезвычайно забавный в виде короткой кисти».

**В** конце декабря 1895 года Николай Альбов собрался в новую поездку — на Огненную Землю. Пятнадцатого января 1896 года экспедиция двинулась в путь. В столичном порту путешественникам со всем их скарбом предстояло погрузиться на пароходик «Ушуайя», сидевший в воде по самые борта и совсем крохотный: 55 шагов в длину и едва 10—12 в ширину. Непросто было разместить на нем гигантский экспедиционный багаж — 65 ящиков только одного зоологического отделения музея, не считая сундуков и чемоданов, три ящика с цинковыми коробками для хранения растений в спирту, два ящика с бумагой для сушки растений, ящик, сундук, чемодан и хурджины с собственными вещами Альбова. Экспедиция разместилась в «первом классе» площадью десять на десять шагов, поделенном на четыре каюты без окон; здесь должны были расположиться 10—12 человек. Кроме экспедиции, судно приняло на борт попутных пассажиров — арестантов, которых везли на Огненную Землю, дабы начать ее заселять, и десяток женщин — пьющих и легкого поведения.

Двадцать четвертого января пересекли большой залив Сан-Жорже и около четырех часов пополудни бросили якорь в спокойной гавани Пуэрто-Десеадо. Первый географический пункт, куда вынужденно попали путешественники, был более чем унылым. Подходившая вплотную к нему песчаная пустынная местность, покрытая галькой, граничила с угрюмыми, голыми скалами, уходящими к горизонту, поднимающимися друг за другом террасами. Вторая терраса была уже настоящей пустыней, с растительностью, типичной для засушливых мест: экзотический вид барбариса с огромными колючками и вкусными черными плодами, вербены со стволами, напоминающими араукарии, кактусы. Единственная прелесть состояла в том, что все эти высохшие растения, почти гербарий,



*Николай Михайлович Альбов (второй справа). Огненная Земля. 1896 (Из книги «Очарованный Абхазией. Жизнь и странствия Николая Альбова», Сухум, 2016.)*



*Залив Лапатайя, на берегу которого тоже побывал Н. М. Альбов*

источали приятные ароматы. Николая Альбова порадовало собрание диковинных раковин, «разных гадов в спирту» и другие экзотические вещи, хранившиеся в домике капитана здешнего «порта», маленького «старичка с английским типом лица». Тут экспедиция провела один день, совершив обстоятельную экскурсию по окрестностям.

Двадцать шестого января под вечер «Ушуайя» стал на якорь на рейде «порта» Санта-Круз. Альбову он показался еще печальнее, чем предыдущий. «Это — абсолютная нагота. Недалеко от берега крутой стеной поднимается невысокое (до 500 футов — около 150 м. — Н. В.) плато или, по-здешнему, “месета”. У подножия его приютилось несколько домиков, в том числе капитанского и единственный альмацен (магазин и он же кафе-ресторан-бильярд). Сойдя на берег, мы пересекли береговую равнину, поросшую “девственным лесом” из *Lepidophyllum cupressiforme* (кустарниковое растение из семейства сложноцветных. — Н. В.) вышиной в аршин, и сделали затем поднятие на месету. Вид угрюмый, но не лишенный величия».

Двадцать девятого января утром «Ушуайя» вошел в воды Магелланова пролива. Он встретил пароход крутой переменной волной, а небо со стороны видневшейся вдали Огненной Земли, низкой равнины с невысокими холмами, заволкло туманом. К вечеру распогодилось, от сильного ветра пришлось прятаться в небольшой бухте у патагонского берега.

Магелланов пролив узок — расстояние между берегами едва превышает 1,5 мили, — с пустынным окружением; берега его печальны. Патагонская сторона более гористая, а берег Огненной Земли — невысокие, голые террасы. Ярко светило солнце, однако навстречу мореплавателям дул сильный ветер. Около трех часов встали на якорь у Пунта Арены, на патагонском берегу. Он невысок, но густо одет зеленым лесом. Городец живописно разбросан по склону береговых холмов. Маленькие домики, лесопильня, на рейде несколько гражданских и военных чилийских, уругвайских и аргентинских судов — эта картина напомнила Альбову Черное море, Сухуми и Туапсе, или северо-западное побережье Испании — Виго, Корунью. Разношерстное население Пунта Арены — переселенцы из разных уголков земного шара, в основном из Старого Света: норвежцы, англичане, французы. Экскурсия по городу прошла под моросящим дождем. Тут Альбов встретил «несколь-

ких представителей индейцев Огненной Земли — она (раса, заселяющая ее северо-восточные земли), мужчин и женщин». Первое впечатление было не слишком восторженным: «Это необыкновенно жалкие, тупые существа. Кожа их кирпичного цвета. Гладкие волосы, висящие прядями, они красят тоже в коричневый цвет. В лицах нет ничего отталкивающего. Они не безобразны и напоминают (особенно женщины) монгольский тип. Одеты в оборванные европейские платья».

Утром 1 февраля «Ушуайя» уже пробирался узкими проливами между островами архипелага Огненной Земли. Берег можно было, что называется, пощупать руками, он находился всего в 200—300 метрах от борта парохода. Довольно крутые горы были густо одеты вечнозеленым буковым лесом, на вершинах снежники и ледники. «Я не видел еще ничего подобного в жизни. Единственно, с чем бы можно сравнить ее, это — со Швейцарией или Тиролем, который подвергся бы гигантскому наводнению, так что воды океана хлынули бы во все долины и ущелья, и из-под воды возвышались бы только вершины гор».



*Магеллановы гуси*

Лишь под вечер «Ушуайя» вошел в Тихий океан. Началась сильная качка, но пароход успел заскочить в узкий пролив, который «напоминал здесь настоящее дикое горное ущелье, только наводненное океаном, и имел всего несколько десятков сажен ширины. Вход в этот проход загоразивали банки, и мы с большими затруднениями прошли мимо них». С борта парохода русский ботаник наблюдал за мелькавшими на берегу растениями. Так Н.М. Альбов первым из русских ученых и путешественников ступил на загадочную Огненную Землю — Терра-дель-Фуэго.



По мере продвижения в глубь Огненной Земли вечного снега на горах и возвышенностях становилось все больше, и кое-где были заметны уже языки ледников. Перед горой Дарвина путешественнику открылся потрясающий вид: к самому морю каскадом с горы спускался ледник толщиной 900—1200 м. «Это зрелище для меня вообще невиданное. Гигантская стена ледника круто обрывалась у самого берега или давала начало величественному водопаду». А впереди новые красоты. Заснеженная гора — Французский пик, высотой до 2 километров. Тут в полной мере проявились и различия в природе обоих берегов пролива. Альбов заметил, что северный берег — это почти сплошь серые сланцевые скалы, на которых древние ледники уничтожили всю растительность, и скудный лес растет лишь у самого подножия, южный занят горами с правильно округлыми вершинами, а по их склонам вверх поднимался лес. Горы были из красноватого песчаника, и на обрывах заметно, что слагающие их породы лежат параллельными слоями.

Третьего февраля пароход «Ушуайя» достиг конечного пункта маршрута, порта Ушуайя. Дождя там выпадает до 5000—6000 мм в год, то есть в три раза больше, чем в известном своей сыростью Западном Закавказье. В летние дни температура иногда поднимается до 20 градусов, мягкие зимы мало отличаются от лета.

Благодаря хорошей погоде Альбов ежедневно обследовал окрестности Ушуайи. Девятого февраля вместе зоологом и университетским ботаником он отправился на гору. Лес изобиловал экзотическими растениями — орхидеями, с крупными цветками чисто-белого цвета и красными крапинками на «губе», буками, превратившимися тут в стланник-полукустарник, барбарисами. Мшистые места покрывал верещатник. На высоте около 550 м лес заканчивался и начиналась альпийская область. Она была совсем не такой, как в европейских горах, тут были сплошь торфяники, усеянные подушками самых разных растений — калужниц, ястребинок, камнеломок. Альбова, привыкшего к богатой кавказской растительности, местная флора поразила своей скудостью. И, поднявшись выше, до 900 м, даже под защитой скалы он не

нашел того изобилия, какое наблюдал в Абхазии и Менгрелии, на Черноморском побережье Кавказа.

Заближными маршрутами последовали дальние. Альбов отправился в долину реки Оливаия, чтобы найти проход на ту сторону гор, к большому озеру на границе между Аргентиной и Чили. Его сопровождали два индейца она, нанятые в качестве носильщиков. Путь предстоял трудный, дорогу на озеро почти никто не знал. В распоряжении Альбова была только карта, составленная Комиссией по разграничению с Чили. В этом походе ученый выглядел весьма экзотично — с большим чилийским револьвером дальнего боя, кавказским кинжалом, за спиной большой пакет бумаги, бурка, через плечо полотняная сумка с мелкими вещами, в руках посох. Припасов взяли на пять-шесть дней. В общем, на каждого путника выходило не более 16—20 кг.

Около девяти часов утра 13 февраля 1896 года шлюпка тронулась. «День был превосходный, безоблачный, бухта совершенно неподвижная. По дороге мы спугивали многочисленных пингвинов, которые при нашем приближении быстро ныряли в воду. Вдали, в канале, кит пускал из воды свой фонтан». Через три четверти часа шлюпка причалила к правому берегу в устье реки Оливаия. Там путешественники стали выбирать наилучший путь. Перед ними был труднопроходимый буковый лес, в подросте колючие барбарисы, заросли которых перемежались с упавшими деревьями и грудями валежника. Но путникам повезло: они наткнулись на тропу, пробитую гуанако. Вдоль тропы благоухали диковинные цветы. Деревья и кустарники имели сказочный вид: они все были покрыты «бородатыми» лишайниками — уснеей. На валежнике красовались кусты папоротника, а стволы буков кроме лишайников украшал паразитирующий, но съедобный гриб шаровидной формы — циттария Дарвина.

Следующий день оказался не из легких; пришлось идти по скверной дороге, лезть на отвесные скалы. Однако к середине дня перед путешественниками открылась величественная панорама горной цепи. Эту цепь им нужно было преодолеть, но где искать перевал, они не знали. Фотографирование красот было внезапно прервано: через несколько десятков шагов исследователи столкнулись с тремя гуанако. Животные не испугались, заржали, а зоолог, схватив скорострельное ружье, подстрелил одного из них, ранив в шею. Индейцы тут же подбежали и своими ножами прикончили животное. Потом они начали разделять добычу: содрали кожу, разрезали на части мясо. Решив разжечь костер и приготовить «шашлык», они могли надолго задержать исследователей. Николай вмешался и строго запретил им устраивать незапланированный пир. Тогда индейцы принялись уплетать дичь сырой. После долгих усилий их все же удалось уговорить тронуться в путь, но перед уходом они связали мясо и спрятали его в ближайшем лесу, повесив на дерево.

В сужающемся ущелье буковые леса сменились буковым стлаником. Теперь местность изобиловала торфяниками, которые Альбов назвал «прелестными»: обширные, ровные



На Огненной земле ледники соседствуют с лесом



*Огненная Земля изнутри*

пространства беловатого, желтоватого и красноватого цвета, усеянные сфагновыми кочками. В середине дня путники решили устроить привал, не доходя полутора-двух километров до горной цепи. Один из проводников сбил ноги, а другой оказался более изобретательным. Для хождения по непроходимым лесным чащам и горным тропам он смастерил самодельные альпарахты. Идти с ослабевшим проводником дальше было бы неразумно, и путешественники решили заночевать в этом месте, с видом на величественные вершины и огромный ледник, давший начало одному из притоков реки.

После ночевки выступили в обратный путь. Альбов по маршруту делал сборы растений. Коллекция ученого пополнялась каждый день, и на этот раз его добычей были местный вид водяной сосенки и красивейший крестовник, растение из семейства астровых с огромными белыми цветками — одно из самых красивых растений Огненной Земли, как он отметил



*Циттария Дарвина*

в своих записях. Дошли до места, где днем раньше убили гуанако. Уже перед ночлегом в лесу услышали странные звуки, «вроде крики ночной птицы или какого-нибудь зверя у-о, у-о!». Спросили о них у проводника, оказалось, что это не зверь и не птица, а крик охотников из племени на, внимание которых привлек далеко заметный, ярко пылающий костер исследователей.

Ночь и весь следующий день моросил мелкий, нудный дождь. Температура упала до 7°C. Обратного путешественники возвращались, взяв чуть выше. Выйдя к устью реки Оливаи, развели три костра, как было условлено, чтобы из Ушуаи их увидели и выслали катер или лодку. Так закончился поход к озеру, если не удачный, то и не бесполезный для науки.

**В** начале марта Альбов в сопровождении двух индейцев она отправился в новый маршрут — в верховья реки Рио-Гранде. Погода благоприятствовала путешествию. На этот раз буковый лес был без валежника, легкий для путников. И он опять поразил Николая ботаническими открытиями — встречалось много спелых ягод, красиво цветущих растений. Вся эта экзотика попала в ботаническую коллекцию ученого.

По очередному пологому подъему путники достигли перевала, с которого открывался великолепный вид на всю внутреннюю долину реки Оливаи и внутреннюю часть страны. Тут же приютился огромный ледник, около 3—4 км длиной. Это была поистине гигантская цепь, главный хребет Огненной Земли. От хребта отходили перпендикулярно длинные контрфорсы, ничуть не меньших размеров, чем он сам, отделенные друг от друга длинными, глубокими ущельями. На перевале нашли три озера с хрустально чистой и очень холодной водой. Удалось подняться до уровня 900 м — дальше были неприступные скалы.



Самый южный город на Земле - Ушуайя сегодня

За полтора месяца пребывания в дикой местности на Огненной Земле Николай Альбов совершил немало таких восхождений и походов. Он побывал там, куда до него никто не попадал, и не уставал удивляться чудесам природы. Надо же, Огненная Земля, преддверие Антарктики, а среди сурового климата, холодных ветров и вечной сырости вдруг встречаются леса, полно вечнозеленых деревьев и кустарников, в том числе родственные магнолиям дримусы и эмботриумы...

**В** свою последнюю экскурсию по Огненной Земле Альбов вышел после обеда 26 марта 1896 года. Он рассчитывал к ночи добраться до поселка Лапатайя, поэтому не стал обременять себя запасом провианта: взял пять-шесть галет, кусок вяленого мяса, две плитки шоколада, банку концентрированного молока и немного виски. Разумеется, прихватил табак и сигары. Остальную часть его поклажи составляло все необходимое для похода и сбора растений — кавказская бурка, с которой он не расставался тут никогда и которая заменяла ему и плащ, и спальный мешок, пара фотоаппаратов, папка с бумагой и предметы первой необходимости.

Через час с четвертью он достиг реки Лапатайи, в своих высоких сапогах перешел ее вброд по колено. Выкурив трубку и пройдя немного от берега, углубился в густые заросли калафата и какого-то растения из семейства сложноцветных. Чуть заметная от берега тропинка пересекла небольшое сухое болото и уперлась в подъем на гору Сьерра-Сюзанна. В лесу она потерялась, и Альбов двинулся вдоль склона, ориентируясь на просвет между деревьями. По левую руку лежали склоны Сьерра-Сюзанны, по правую — снежные вершины другой горы, Мартиал. Пока его поход больше напоминал прогулку, хотя четыре-пять километров в час — неплохая скорость, учитывая, что он шел один, без проводника, по совершенно незнакомой местности. Подойдя к реке, Альбов задумался: Лапатайю он уже перешел, а если эта река течет с седловины,



Главный символ Ушуайи - маяк Ле-Эклерер



## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

то где же сам перевал? Может, она сделала петлю? Альбову ничего не оставалось, как продолжать путь, рассуждая, какую же реку он переходил. Двигаясь так же — справа река и гора Мартиал, — он прошел час, другой. А перевала все не было.

Приближалась ночь. Он был уже четыре часа в пути. Где же поселок? Чтобы не искушать судьбу, Альбов решил заночевать в лесу, на берегу реки. Расчистил от валежника небольшую полянку, развел посередине костер, запасся дровами на ночь. Два стакана горячего шоколада утолили голод. На лагерь путешественника быстро опустилась темная ночь. Вышла полная луна, «озарила серебристым светом воды реки, в то время как в лесу стоял таинственный мрак. Река делала крутой поворот в этом месте и, казалось, бежала из ущелья напротив, из-за которого виднелись снежные пики, ярко сверкавшие в лунном свете».

В этом походе Альбов заблудился и бродил по горам и лесам не один день, прежде чем гордо вступил в Ушуайю, где его встретили с восторгом; все боялись, что он пропал навсегда.

Экспедиция возвратилась в Буэнос-Айрес 3 мая 1896 года. С ней прибыли 70 ящиков с коллекциями и много других сборов. Так завершилась первая в истории России и Аргентины экспедиция, в которой принял участие русский ученый.

Вернувшись в музей, Николай Альбов окончил свой титанический труд — «Опыт сравнительного изучения флоры Огненной Земли» — и принялся переводить его на французский язык. Перевод сделал сам за несколько дней. Измотанный экспедицией и писанием «Флоры», Альбов решил отдохнуть, поехал в Уругвай, к директору Национального музея профессору Аречавалета. Там силы его оставили, русский ученый, подкошенный давней болезнью — туберкулезом, из-за которого он и перевелся из Московского университета в Новороссийский, находящийся в Одессе, а потом остался на юге изучать Кавказ, — совсем ослаб и 24 декабря 1897 года умер.

В Ла-Плате южноамериканские коллеги до сих пор чтят память о Н.М.Альбове. В ботанической лаборатории музея, в рабочем кабинете Альбова, висит его портрет, а написанный им научный труд, одно из первых фундаментальных флористических исследований, и сегодня цитируют все, кто изучает растительность Огненной Земли и Патагонии.

С тех пор минуло более ста лет. Как же изменился этот край, о котором наши соотечественники понятия не имеют? Самый южный город Земли Ушуайя и сегодня остается крошечным, но он стал туристическим центром. В его окрестностях все «самое южное в мире» — и маяк, и местный вид дятлов, и магелланов гусь, и морской котик, и многое другое. Уникальная природа этого уголка планеты находится под надежной защитой: в южной части аргентинского сектора острова Исла-Гранде создана охраняемая территория Parque Nacional Tierra del Fuego — «Национальный парк Огненная Земля».

Фотографии Владислава Смирнова  
vlad\_smirnov@livejournal.com

# Крылатые бобы

Попробуем себе представить идеальное сельскохозяйственное растение. Оно должно быть урожайным, питательным и вкусным, неприхотливым и желателно красивым. А еще хорошо бы все его части были съедобны. Таких не бывает, скажете вы, и будете правы. Растение, о котором пойдет речь, плохо переносит засуху. Всем остальным требованиям оно соответствует. Это крылатые бобы, известные также как спаржевый горох, квадратный горох и крылатая фасоль.

**Почему они крылаты?** Крылатые бобы *Psophocarpus tetragonolobus* — вьющееся растение влажных тропиков. Их толстые стебли могут подниматься на три с половиной метра и выше, если найдут опору. У них разветвленная корневая система, которая каждый год дает новые отростки. Месяца через два появляются первые плоды — бобы длиной до 30 см, в каждом до 20 семян: желтоватых, коричневых или черных. Бобы четырехгранные, с характерными зазубренными обочками-крылышками по углам. Род *Psophocarpus* насчитывает шесть видов, и крылышки есть у всех, однако крылатыми бобами называют только наиболее изученный вид — *P. tetragonolobus*.

Ученые пока не пришли к единому мнению о центре его происхождения. Одни помещают его в Папуа — Новую Гвинею, другие в Малайзию, третьи называют Мадагаскар или Маврикий. Сейчас эту культуру выращивают также на юге Индии, в Бирме, Индонезии, на Филиппинах, в Китае и Таиланде и в меньшей степени в Африке, в основном в Гане и Нигерии. В разных странах свои сорта, в диком виде крылатые бобы не встречаются. Хотя растение многолетнее, его обычно возделывают как однолетник, потому что продуктивность плодов и семян максимальна в первый год. Однако если фермеров больше интересуют не верхушки, а корешки, следует подождать второго года, когда набирают вес клубни.

Строго говоря, речь идет не о клубнях (видоизмененных побегах), а о разросшихся корнях. Корни многих бобовых имеют утолщения, нодулы, в которых живут симбиотические бактерии, позволяющие растению использовать атмосферный азот. У крылатых бобов нодулы тоже есть, но они на порядок мельче клубней, которые уже в первый год достигают размера средней картофелины, а во второй могут весить около 400 г. Впрочем, и клубни обычно собирают в первый год, иначе их кожура становится слишком волокнистой.

**Чем интересны крылатые бобы?** Важное их достоинство — съедобность практически всех частей растения. Листья и цветки едят сырыми или вареными. Незрелые бобы — тоже, их используют как зеленые овощи. Когда бобы созревают и становятся волокнистыми, наступает черед семян. Их варят или жарят, как арахис. Клубни также едят сырыми или готовят.

Не менее важно, что все съедобные части растения богаты белком. В цветках его до 15%, в молодых листьях — 35% (в старых — немного меньше), в зеленых бобах — 22%, в семенах — до 42%, даже в клубнях около 20% — больше, чем в любых других корнях.

**О семенах.** Эталон питательности бобовых растений — соя, семена которой содержат 35—37% белка. В семенах крылатых бобов белка не меньше, а порой и больше, и он содержит незаменимые аминокислоты. Кроме того, в них более 18% жира и 26% углеводов. Много кальция и железа, несколько меньше фосфора. Присутствуют также витамины тиамин, рибофлавин и ниацин и антиоксидант токоферол, который способствует усвоению витамина А. Семена крылатых бобов имеют сладковатый вкус и лишены горечи, присущей сое.

Семена полностью созревают за четыре-пять месяцев, с одного гектара можно собрать до тонны сухих семян, а если почву еще возделывать как следует, а не так, как крестьяне в Папуа — Новой Гвинее, урожай может быть больше.

Однако чтобы пища пошла впрок, ее нужно правильно приготовить. Крылатые бобы обязательно вымачивают, при этом они разбухают и быстрее варятся. Готовят их два-три часа, не меньше, а иногда варят всю ночь на медленном огне. Недоваренные бобы вызывают спазмы желудка. Семена крылатых бобов, как и многих других бобовых, содержат ингибиторы расщепляющих белки пищеварительных ферментов трипсина и химотрипсина, и гемагглютинины, которые вызывают пищевую аллергию. К счастью, эти вещества разрушаются при кулинарной обработке.

Из семян делают молоко. Их надолго замачивают, измельчают, кипятят и процеживают. Получается эмульсия с высоким содержанием белка и жира. В отличие от соевого, это молоко не имеет характерного бобового привкуса.

Можно из семян и масло отжимать. Из насыщенных жирных кислот в нем преобладают пальмитиновая, миристиновая и стеариновая, из ненасыщенных — олеиновая и линолевая.



К сожалению, от 7 до 15% жирных кислот приходится на бегеновую кислоту, которая даже в меньших концентрациях увеличивает вероятность развития атеросклероза. Поэтому для пищевых целей масло крылатых бобов подходит хуже арахисового (в нем до 3% бегеновой кислоты) и существенно хуже соевого.

**О клубнях.** При минимальном уходе с одного гектара можно собрать 5,5—11,5 тонн клубней. Обычно это делают спустя четыре — восемь месяцев, к этому времени клубни достигают 2,5—5 см в диаметре и 7,5—12 см в длину. Их выкапывают вилами, как картошку, стараясь не повредить. Они цилиндрической формы, с коричневой волокнистой кожцей. Мякоть у них белая и твердая, текстурой напоминает яблоко и сладковатая на вкус. Чем мельче клубни, тем они нежнее и ароматнее, а когда вырастают, становятся более волокнистыми.

К сожалению, клубни плохо хранятся, быстро высыхают, теряют витамин С и становятся жесткими, так что требуется больше времени, чтобы их сварить. Поэтому клубни обычно съедают вскоре после сбора урожая, однако при низкой температуре и высокой влажности они могут лежать несколько недель, не поражаясь грибом.

Для нас эталон клубня — картошка, в тропиках — батат, но в этих знаменитых продуктах почти нет белков, и по данному показателю они безоговорочно проигрывают крылатым бобам. Помимо белков, в клубнях присутствует до 77% углеводов, из которых пятая часть приходится на сахара, остальное — крахмал. Жиров немного. Из макроэлементов преобладают кальций, железо и фосфор.

Как и бобы, клубни содержат большое количество ингибиторов трипсина, которые инактивируются при кулинарной обработке.

**Лекарственное растение.** Многие жители тропиков страдают от недостатка белков. Неудивительно, что зеленые плоды и корни крылатых бобов считаются там укрепляющим средством. Кроме того, листья и семена едят, чтобы исцелить нарывы и ожоги. Отваром из листьев промывают воспаленные язвы и лечат оспу. Из корней делают компресс, помогающий при головокружениях.

Научных данных о целебных свойствах крылатых бобов очень мало. Известно, например, что экстракт из зеленых частей растения содержит антиоксиданты. Крылатые бобы обладают также бактерицидными свойствами, причем большая часть антимикробных соединений находится в плодах. Экстракт бобов и полученная из них спиртовая вытяжка подавляют рост некоторых плесневых и дрожжевых грибков, а также стафилококков, бацилл, сальмонелл и кишечной палочки.

**Большое будущее.** Крылатые бобы вызывают огромный интерес как высокоурожайная культура, способная обеспечить белком жителей влажных тропиков. В Папуа — Новой Гвинее это уже сейчас второе по важности пищевое растение после батата. Его также можно использовать как корм для животных и даже для рыб — в Африке много ферм, где выращивают сомов. Благодаря азотфиксирующим бактериям крылатые бобы великолепно удобряют почву (а азотные удобрения нынче дороги). Бонусом идет отменный внешний вид: крылатые бобы часто выращивают для украшения садов.

В будущем крылатые бобы могут стать культурой более значимой, чем соя, но для этого они нуждаются в усовершенствовании. Сейчас селекционеры работают над засухоустойчивыми сортами, потому что пока крылатые бобы благоденствуют лишь в местах, где выпадает более 250 см осадков в год. Их можно выращивать и на орошаемых землях, но в этом случае надо избегать застоя воды и засоления почвы, крылатые бобы не выносят ни того ни другого. Кроме того, в промышленных масштабах удобнее было бы культивировать низкорослые сорта с определенным периодом цветения. Тогда, если понадобится получить крупные клубни, все цветки можно будет удалять машинным способом.

**Тропический салатик.** Очень, очень сложно найти рецепт приготовления крылатых бобов без свежего кокосового молока, устричного соуса или тамариндовой воды. Собственно, и сами бобы у нас редкость, однако в продаже есть семена, а в сети — советы по выращиванию на наших грядках. Так что попробуем.

Возьмем 300 г молодых зелененьких плодов и сварим в соленой воде до мягкости. Затем сделаем соус из двух чайных ложек кунжутного масла, одной чайной ложки кунжутного семени и двух чайных ложек мирина — сладкого рисового вина. Готовые бобы нужно высушить и медленно залить этим соусом. Подавать холодными.

Художник Н. Колпакова

ЧТО МЫ СЪЕДИМ

Н. Ручкина





Художник Е. Станикова

# Багрец и золото

Лариса Львова

**П**олуторка неторопливо отмеривала километры, но трясло так, что клацали зубы. Северные дожди, болота и подземные воды рассасывали дорогу, хотя каждый год из ближних карьеров завозили тонны гравия и песка, сгоняли на ремонт полтысячи заключенных. Природа расправлялась с людским трудом, как с размякшим в чае сухарем.

Петр Трофимыч и Леха сидели у самой кабины, то и дело стлकивались плечами, а иногда заваливались друг на друга.

Сорокалетний кряжистый Трофимыч был зол и хмур, потому что его место в кабине занял хворый инженер с прииска: приспичило ему заболеть не когда-нибудь, а именно в приезд наладчиков. И еще была причина для недовольства, но Трофимыч запретил себе о ней думать. Мало ли чего... Вдруг нечаянно слово уронит.

Леха вертел головой по сторонам, глядел в бездонную октябрьскую просинь и чему-то улыбался. Худой, малокровный детдомовский выкормыш три года назад был взят учеником, и поглядите — теперь помощник наладчика.

Гонял его Трофимыч нещадно, не жалел ни капли. Лехина робкая услужливость просто бесила, а шрамы на бледном прыщавом лице, следы детдомовского воспитания, словно вызывали зуд в широких задубевших ладонях. Так бы и треснул! Но руки распускать нельзя: уже два предупреждения от мастера. Урежет прогрессивку, а Трофимыч собрался менять кровлю недавно купленного дома.

Полуторка взбрыкнула и остановилась. Трофимыч выругался по-черному. Леха обалдело приподнял голову с дощатого настила — его швырнуло через части драги, замотанные мешковиной. На закровивших губах застыла прежняя дурацкая улыбка, а вот светлые гляделки помутнели.

«Так и надо дохляку», — подумал Трофимыч и сплюнул, потому что сам прикусил язык. Посидел немного, прислушиваясь к разговору шофера и инженера, однако не понял ни слова. Поднялся и тяжело перевалился через борт — размяться немного. Следом сиганул не вполне оправившийся Леха.

Шофер Степан двинул кепку на затылок и потер ссадину на лбу. Инженер Слотин взмахами руки попытался разогнать то ли дым, то ли туман, который клубился над громадной трещиной. Она рассекла дорогу, будто нож сало.

— Да-а... влипли. Объездной нету, возвращаться нужно, — сказал расстроенный Степан. — По одну сторону болото, по другую — овраги. Вы-то как, Иван Всеволодович?



ФАНТАСТИКА

Слотин согнулся вдвое и в ответ разразился кашлем. Отбухав и отхрипев, спрятал за пазуху платок, уселся прямо на гравий.

— Всяко было, но такое впервые вижу, — продолжил сокрушаться Степан. — Развалило землю надвое, края ровные, точно срезанные. Вот че теперь делать? Пока наряд на ремонт вызовут, пока мостки какие-никакие настелют, неделя пройдет.

— Степан... — сипло, точно старой пилой по листовенному чурбану, заговорил Слотин. — Ты не гоношись. Подумать нужно. Похоже на разлом, как при землетрясениях. Довелось повидать. Однако, судя по всему, выходит, что он искусственный. Но толчков мы не почувствовали.

— Да какие толчки?! — разошелся Степан, которому совсем не улыбалось оказаться в простое. — У меня от нашей дороги мозоль на задю. Хоть как тряси — не почую.

— Чё тут? — спросил подошедший Трофимыч и недобро посмотрел на Слотина.

— Вишь, обвал какой-то. Вроде на неделе без дождей обошлось... — поразмыслил Степан. — Думаю, опять вода сподзёмли пошла.

— Вода... сподзёмли... — передразнил Трофимыч. — Ни разу без поломки не доехали. На прииск дорога рушником, а обратно — узелком.

— А я тут при чем? — выверился Степан. — Иди к начальству и докладай: не умеют ваши шофера людей возить, буду ждать ноябрьских праздников, когда с Тяжмаша иркутские прибудут. Вот они умеют, они довезут...

— Степан, давай без ругани? — вмешался Слотин, уже вполне овладев голосом. — Возвращайся на прииск, иди в контору. Сделаешь заявку, выезжай через Убрун, потом через пастбища на ту сторону обвала. А мы его обойдем и тебя встретим.

Трофимыч открыл было рот — не нанимался он пёхом через овраги переть. Но задумался: путь через Убрун в три раза длиннее и корявее. Нет, уж лучше он здесь пересядет. Овраги-то, кажись, рукотворные. Поговаривали, особо удачливые по сей день находят в них кое-что. А Трофимыч как есть удачливый. Дом в Рабочем купил, такой огород взбодрил — соседи завистью изошли. Коровенка, поросятки. У жены место постоянное на рынке. Подкопить чутко и махнуть на родину.

Трофимыч сделал плачущее лицо и притворно заохал, потирая ногу, с рождения короткую. Леха подскокил, подставил хлипкое плечо, острое даже сквозь ватник. Лезет куда не нужно! Всю душу измотал на прииске. Не отходил ни на шаг. А у Трофимыча дела... Но даже к лучшему. Охрана сменилась вместе с начальником, и Трофимыч поостерегся. Ну, пустой случилась командировка — будут другие. А если по овражкам пробежаться, так и вовсе наоборот...

— Скидывай вещи! — буркнул он напарнику.

Леха полез в кузов. Ноги не послушались зашибленной головы, и он сорвался, повиснув на борте. Трофимыч презрительно цыкнул пораненным языком и сморщился — больно. Пошел к разлому, породу посмотреть. Остался доволен: стены трещины рыжели знакомыми разводами. К удаче.

Тарахтенье полуторки стихло. Иван Всеволодович Слотин поглядел на наручные часы в стальном корпусе. Удрученно потряс кистью, приложил к уху — часы остановились. Впервые с апрельского дня сорок пятого года, когда ему вручили их вместе с орденом. И было в остановке безотказного механизма что-то неправильное, роковое. Как разлом на дороге.

— Ух ты... немецкие, — раздался голос Трофимыча.

Наладчик подходил неслышно, и всегда со спины, будто волк. Вот и сейчас Слотин почему-то вздрогнул.

— На чё потянули?

— Простите, не понял. — Инженер растерялся.

— Ну, сколь рублей за них отдал? — переспросил Трофимыч.

— Наградные, — сухо ответил Слотин. Подумал, снял часы с руки и положил во внутренний карман с застёжкой. Понял, что получилось не совсем вежливо, и объяснил: — Пять лет без единой поломки. А полчаса назад встали. Досадно.

— Полчаса назад? — переспросил Трофимыч. — Это, кажись, как раз в то время, когда мы сюда подъехали?

Слотин поправил очки, задумчиво пожевал губами. Потом сказал:

— Я, признаться, не обратил внимания, но вы верно заметили: именно в это время. Хороший вопрос. Теперь бы найти ответ на него...

Трофимыч оглянулся на дымившийся разлом, посмотрел на Леху, который с пожитками напарника и личным парусиновым ранцем за спиной уже спустился в овраг, пересек его и теперь поднимался по высокому склону с частоколом осинок на гребне.

— По солнцу, выходит, полдень. Перекусим и отдохнем на дорожку, — сказал Слотин и зашелся в кашле.

Наладчик покосился на инженера: синие тени под глазами, у крыльев носа... И незаметно отошел. Говорили, у Слотина в груди застряли осколки. Но кто точно знает? Вдруг зараза притаилась? Зашагал вниз, цепко оглядывая валуны и камни помельче. Доходяга-инженер двинулся следом.

Солнце, видно, решило выжать на землю остатки тепла. Припекло, как летом. Теснящие друг друга осинки полыхали золотом. Среди рыжевато-бурой, побитой первыми заморозками травы победно зеленели ростки, смолоду попутавшие время года. Пронзительная синева резала глаза. Слотин вскрыл банку рыбных консервов, поставил на середину расстеленного рушника — угощайтесь.

Леха, который за два вечера скормил командировочный паек — белый хлеб и тушенку — всякой шушере в бараке-общежитии, где ночевали наладчики, с интересом поглядел на яркую иностранную наклейку, но отодвинулся со словами: «Есть чего-то расхотелось. Воды попить».

Трофимыч заметил, как дернулся на бледной шее острый кадык, и позлорадствовал: а нечего едой разбрасываться! Сам-то он паек дома оставил, запаса желтым прошло-

годним салом. Все равно на рынке никто не купит. Вот и инженер нос воротит — затхловат душок. Чудак-человек: вытащил ножом из банки самый большой кусок, положил на ситный и грубовато, чтобы сбить стеснение, предложил Лехе: «Ну-ка, жуй давай, а то за шиворот суну». Леха робко взял угощение.

Сердце Трофимыча неожиданно зашло от острой боли. Он вытолкнул онемелым языком кусок, схватил бутылку с водой и, обливаясь, глотнул. Закашлялся, с радостью ощущая: отпустило. Отер с лица громадным носовым платком воду, пот и слезы, отдышался, ощупал грудь. Сердце стучало ровно и сильно. Успокоился было, но глянул на Слотина. И с ним что-то не так. Инженер то вытягивал руку над полотенцем, то смотрел в небо. А лицо — белее снега.

— Иван Всеволодович, — тихонько обратился к Слотину Трофимыч, всерьез опасаясь, что попутчик спятил.

— Товарищи... — тихо и торжественно, как на траурном митинге, отозвался Слотин. — Может, мне почудилось, но я не замечаю теней. Это раз. Солнце по-прежнему над головой. Это два. И ветра нет. Вот посмотрите.

Трофимыч проследил за рукой Слотина. В самом деле, тени исчезли. Пылала невозможно яркая ржавь осин.

А сердце снова болезненно ворохнулось от того, что мир стал будто бы нарисованным: ни птиц, ни букашек, ни какого-либо шевеления в пугающей тишине. Словно жизнь ушла, утекла в тот разлом на дороге. И все, что осталось, — это зловеще-прекрасная осень под голубым эмалевым куполом да трое человечешек.

А может, это они того... неживые?

Трофимыч чертыхнулся вслух — голос зазвучал как-то иначе.

И тут охнул Леха, отталкиваясь ногами, подвинулся к Трофимычу поближе. Слотин, комкая рушник, тоже подтянулся к попутчикам.

Разлом, пока они жевали, разросся, протянулся черной царapiной через противоположный склон, засыпанный побуревшим золотом овраг и нацелился на рыжий дерн почти у самых ног.

— Располовинилась земля, — без всякого страха, с детским удивлением сказал Леха. — Как хлебная корочка.

Слотин продолжил митинговать:

— Перед нами необычное природное явление. Вы бегите, товарищи! Сообщите в контору, что я остался наблюдать.

Инженер затрясся, как перед приступом кашля, но обычных звуков, которые напоминали собачий лай, Трофимыч не услышал. Да и приступа не было, только из уголков слотинских губ протянулись дорожки брусничного цвета.

В глазах потемнело, или из трещины в земле повалил дым и закоптил все вокруг, или небесная эмаль откололась и обнажила чугунную темень, но Трофимыч смог увидеть только два багровых потока. И тут его швырнуло куда-то, поволокло. Перед глазами словно замелькали кадры киноленты. Трофимыч не сразу понял, что это кино — о нём.

**С**тарая хатка в приморском городке поделена уродливой печкой на две части. За «навесью» — плач и причитания. Там жиличка со своим сыном, белокрысым

парнишкой, Петькиным ровесником, который по поведению больше похож на младенца — все с матерью, да за ручку. Ихний батя, из «бывших», привез сюда семью, чтобы добиться места на каком-нибудь судне и смыться из России. Да и запропал.

Петька забился под стол, и прутья громадной плетеной корзины с овощами впилась в спину. Из-под края полотноной скатерти виднелась материнская юбка. Мать жарила на гусяном жиру кабачковые оладьи и бормотала над скворчащей сковородой:

— А мы при чем? Пустили ночевать, а вот за вещами следить не нанимались. Сидела бы в хате на своей укладке да мужа ждала. Подумаешь, два дня уже нету. Вон у Процаков жинка еще весной на майдан ушла, по сю пору не вернулась. Время такое. А коли приспичило шляться по городу да мужа беспутного искать — тащи вещи с собой.

Из-за печки раздались выкрики:

— Господи! Что мне теперь делать, господи! Все деньги у Всеволода были. И вот теперь — ни документов, ни ценностей.

Мать повысила голос так, что жилы выступили на том щем горле с красной, гусяной кожей:

— Документы!.. Ценности! А не видала я никаких документов и ценностей! Мне никто ничего не предъявлял! И скандалить не дозволю!

Плач за печкой на секунду стих. Показалась серая шерстяная юбка, расшитая понизу черным галуном. От жиличкиного голоса заципало в носу.

— Марфа Никандровна, я не скандалю. Но смотрите сами: замок на укладке сломан, бумаги и украшения... бабушкины и мамини... не самое ценное — самое дорогое, последнее... — Женщина не смогла говорить и снова заплакала. А потом сорвалась в крик: — Мы с Ванечкой ушли! Только вы и ваш сын в доме оставались! Разбойничий притон!

Мать так чем-то на печке загремела, что обиженные вопли жилички потонули в грохоте. Раскричалась сама:

— Вон! Вон отсюда! Прижало вас, так бросились сюда: уезжаем морем в заграницу; не хотим, как все, горе мыкать, хотим по-прежнему в богатстве-сытости жить, чтобы люди в пояс кланялись. И чтобы плевать им в душу можно было: в нищей хатке честности не сыщешь! Проваливай отселе, пока не вытолкала! Или мне соседей позвать?

Когда утихла кутерьма и улеглась материнская злость, Петька выскользнул за дверь. Дело у него было. В соседском сарае-развалюхе, куда два года не заглядывал хозяин, глухой и полуслепой бобыль. Изворачиваясь, остерегаясь прикосновений мокрой после дождя сныти, Петька пробрался к сараю. Отодвинул доски, которые прикрывали лаз, и нырнул в затхлую темень. Только нашарил крышку бывшего погребка, как доски упали, и в лазу показалась лохматая башка Лютика, семнадцатилетнего предводителя слободской шпаны.

Лютика в миру звали Людвигом, а про место жительства и родителей никто ничего не знал. Рыжие Лютиковы космы лезли из-под картуза, как языки пламени, и были сигналом опасности для окружающих. Парнишка никому не спускал: ни малому, ни старому. Не раз его нещадно избивали мужики, да вот обидчики недолго жили после расправы. Лютик был вездесущ, как сныть на запущенном огороде.



## ФАНТАСТИКА

Он протянул длинную мосластую руку, отшвырнул крышку и уцепил шелковый сверточек. Петька почувствовал, как сердце ухнуло в живот и слабо затрепыхалось, но даже пикнуть не посмел. Лютик подался назад, потому что широким плечам было тесно в лазу, втиснул другую руку и ворохнул сверточек. Ослабилась, увидев клад — барские цацки с камешками, — загреб шелк вместе с пылью, в которую превратилась земля. И был таков без единого слова.

Петька, стоя на коленках, согнулся, покропил пыль слезами. Напрасно он добыл эти цацки. Зря послушал друзей, которые повторяли чужие слова — «грабь награбленное» — и мечтали купить лодку, чтобы тоже смыться из городка. Теперь не возьмут его с собой без «доли». А вдруг еще дознается отец и придется отвечать? Захлестнет ведь, как обещал, когда Петька принес гусям гарбуза с чужого огорода.

Слезы закапали чаще, но делать нечего, нужно возвращаться. Сунулся в лаз — а за досками его подждал новый гость. Сын жилички, бледный до синевы. В руке — брошенный Лютиком платок. Из скривившихся губ — презрительный шепот: «Так и знал... вор... мразь! Верни мамини вещи!»

Несмотря на тусклые осенние сумерки и тяжелое низкое небо, готовое разразиться дождем, Петьке особенно невыносимыми показались глаза яростной синевы. И он со всей силы ударил крепеньким кулаком в эту синеву. Тут же почувал лихую силу и стал пинать упавшего по хлипким рукам, которые прикрывали голову, по податливым бокам. Остановился только тогда, когда носки башмаков стали алыми, и побежал прочь от дома в кровавую мглу.

**В** его первом иркутском доме постоянно чадила неудачно сложенная печь — не хватило денег на умельца, сам мараковал. Но с бараками не сравнить — свои стены да крыша, кроме удобств, придавали Петру Трофимычу солидности и веса среди рабочих. А то, что он вкалывал наравне со всеми, несмотря на колченогость, не пил запойно, делало его уважаемым человеком, завидным женихом.

Многие советовали ему прогнать худенькую белобрысую Люську, деревенскую девчонку, которая сбежала в город из приангарской деревни от голода и безродницы — все близкие померли, никого не осталось. Люська прибилась к Трофимычу, как упавший в воду осиновый листок прибивается к берегу. Молчаливо тянула домашнюю работу, боялась поднять на сожителя голубенькие, точно васильки, глаза, даже за стол вместе сесть не смела. Это Трофимычу нравилось, он любил уставиться на Люську,

нахмурил брови, и наблюдать, как она дрожит. Одна беда — в койке Люська лежала деревяшкой. И вином угощал, и бил — все без толку. Поэтому Трофимыч мечтал о крепкой бабе — с широкой спиной и усадистым задом. Была такая в Рабочем предместье, жила торговлей с огорода и часто снилась вместе с двором большой усадьбы, где все Трофимычу кланялись, комкая в руках шапки.

Трофимыч ждал «сродственника» с «гостинцем», желтым крупитчатым песком.

На такое его надоумил мастер из цеха, который давно присматривался к замкнутому рабочему, который обычно держался за спинами других. «Ну точно вор или... волк», — рассудил однажды мастер и решился переговорить с Трофимычем. А что? Мужик толковый, хваткий, молчаливый до угрюмости — такого в наладчики вывести можно. Кировское ремесленное за плечами и, похоже, что-то тайное за скупыми анкетными строками. Или в лобастой голове на широченных плечах. С тех пор Трофимыч стал одним из тех, кто принимал «сродственников» из золотиносных сибирских земель, исправно сдавал «гостинцы» мастеру и часто выезжал на прииски.

Выпроводив невысокого мужичка в потрепанном пиджаке, Трофимыч заспешил в центр города. Сдать поскорее тяжеленький узелок, который лежал в табакерке. Взять стопочку мятых червонцев и спрятать их в стене за кроватью. А как накопится порядком, сменить жилище в топком от близкой речки Рабочем на сухой и чинный дом. Как у мастера Позднякова.

Трофимыч зорко следил за вечерними улицами, пытался запомнить встречные лица, оглядывался, потирая короткую ногу, — притомился инвалид, пережидает приступ боли. Чего с него взять? Так и добрался до двухэтажного деревянного особнячка. Процокал стальными подметками по узкой лестнице и тихонько постучал в массивную дверь. Приложил ухо к резной филенке и снова постучал.

Но старый мухомор не поторопился открыть, мать его так. Или?.. Меж тем в крохотное лестничное окошко донесся пронзительный голос:

— Михална! Михална, тетеря глухая! За Санькой моим пригляди, я в аптекарский, который у рынка, побегу.

— Чё там забыла? — ворчливо ответила какая-то бабка у самой двери, в которую только что вошел Трофимыч.

— Тай, не для себя. Позднякову, соседу, плохо. Врач приходил, капли прописал. А соседка встать не может, обессилел. За Санькой-то присмотришь?

— Ну дак куды деться-то... беги.

А через минуту бабка ехидно сказала:

— Делов больше нет, как за этим Саньком глядеть. Не червонец, не сопрут. А мне в булочную надоть.

От волнения у Трофимыча так обострился слух, что он услышал удаляющееся шарканье башмаков. «Так и в самом деле зверем стать можно», — почему-то с гордецей подумал Трофимыч и, поддавшись внезапному порыву, толкнул дверь.

Поздняков лежал навзничь, под головой — маленькая подушка. Большая валялась на полу. Рядом с кроватью — низкий лаковый столик, на нем блюдце с двумя расколотыми ампулами. Больной с трудом разомкнул дрожащие веки и как-то беззащитно, виновато глянул на Трофимыча. Из скривившегося рта вырвались странные звуки: «Кхх...хх...»

— Тихо, тихо, — прошептал Трофимыч, заботливо под-

нимая подушку. — Сейчас помогу... — И накрыл лицо Позднякова пуховой подушкой в веселенькой ситцевой наволочке, которая резко воняла лекарством.

Тело даже не дернулось, только мелко задрожали ноги да еле слышно хлопнули по простыне руки.

Когда Трофимыч бросил подушку на прежнее место, заметил странный жест мертвой руки, будто она тянулась к столику. Усмехнулся и перевернул его. Открутил ножки, снял столешницу, извлек из тайника деньги и пакет граммов на триста. Постоял над покойником, борясь с двумя желаниями: обыскать комнату — ведь должны же быть еще ухоронки; ну и украсить синюшную отечность пустозеровского лица багряным блеском свежей крови.

Трофимыч содрогнулся от своих мыслей и выскочил из квартиры.

Он открыл глаза и не увидел рядом своих спутников. Отдышался с хрипом и бульканьем в груди, смахнул пот. Отбросил кусок прошлогоднего сала, который судорожно сжимал в руке, брезгливо отер ее о скомканный рушник. Черной трещины не стало, вместо нее вздыбились камни на желтом песке. Вроде как овраг расширился. Где же...

— Иван Всеволодович, гляньте-ка! Будто листочки на камне! — раздался снизу ликующий голос Лехи.

— Я же объяснил, что это окаменелости, остатки лесов третичного периода, — ответил Слотин.

«Какие листочки да окаменелости? Делать им больше нечего... И вообще, хватит рассиживать, выбираться нужно отсюда», — подумал Трофимыч. Но не справился с некстати возникшим любопытством, подобрался к краю оврага и глянул. Мать честная! И тут же поехал вниз на собственном заду, не думая о сохранности штанов, которые еще носить да носить.

Овраг превратился в ложе чистойшей говорливой речушки. Струйки стеклянной позвякивали, разбиваясь о блестящие камни, а дно светилось листопадной охрой. Кое-где из песка выступали причудливые рога самородков-дендритов.

— Что это? — прохрипел Трофимыч, не веря своим глазам.

— Да золото же, — весело ответил Леха, нагнулся к плоскому слоистому камню, поднял его и завопил: — Иван Всеволодович! Птица!

Слотин, радостно и легко дыша, подошел к Лехе, который держал находку в вытянутых руках, и ответил снисходительно:

— Какая же это птица? Это, Алексей, стрекоза.

— Не может быть! — возразил парнишка и загорячился: — Она ведь размером с ворону!

— Это еще не самый большой экземпляр, — рассмеялся Слотин. — Пойдем, я кое-что тебе покажу. Клянусь, больше нигде такого не увидишь. Сам до столбняка поразился...

И Слотин с Лехой зашагали вниз по течению.

А Трофимыч припал к мелководью и стал ползать по камням, лихорадочно набивая карманы. Вскоре они тяжело отвисли. Трофимыч решил передохнуть и поразмышлять.

Что ж это творится-то? Куда он попал? Может, золотиносная речка, Леха, разглядывавший окаменелости, Слотин, который внезапно выздоровел, — всего лишь

сон? А он, Трофимыч, лежит сейчас на печке, натопленной до удушья, мается, перекатывая потную голову по подушке. Или в бане сморило — было с ним такое, как только перебрался в Сибирь.

Трофимыч встал на колени, вгляделся в быструю воду, постарался не замечать россыпи желтых блесток, а увидеть свое отражение. На миг мелькнула лохматая черная тень с кровавым взглядом, но пропала. И снова чистые струйки стали голубыми от свечения яростно-синих, будто покрытых лаком, небес.

Трофимыч услышал шаги спутников за спиной, но не пошевелился.

— Петр Трофимович, поглядите, это обломок ребра какого-то вымершего животного, — по-ребячьи залиvisto сказал Леха.

— Не тревожь напарника, ему не до того, — попросил Слотин вполголоса, словно рядом находился спящий.

Трофимыч углядел отражения инженера и Лехи с какой-то изогнутой деревяшкой в руке. Прищуриваясь на пустоту между отражениями, спросил:

— Где мы?

— Так вы сами давеча подумали, что на том свете, — произнес Слотин и присел рядом.

Трофимыч на миг онемел. Ну было такое: подумал, что они уже неживые. Но ведь не сказал же? Откуда Слотину известны его мысли? А если Слотин и Леха увидели то, что Трофимыч, как ему казалось, навсегда схоронил?.. Тогда почему не боятся его, не бегут от зверя?

— А куда бежать-то? — спросил Леха, враз растерявший веселье. — Сколько ни иди, кругом одно и то же: овраг да речка.

— Мы здесь втроем. Никого больше нет. Но если хотите, отойдем подальше, чтобы вы нас не видели, — добавил инженер.

Трофимыч затрясся: каждая его мысль перед спутниками как на ладони. Почему же он не может почуять, о чем думают Слотин и Леха? Почему нет его отражения в зеркальной волне?

Додумать он не успел, потому что все вокруг покачнулось, а инженер с помощником подхватили его под руки и подняли. Ага, проявили себя. Нет уж, он отсюда ни ногой! Такой фарт раз в жизни выпадает — самородки, как грибы, с земли поднимать. И плевать, на каком свете. Ишь, простофилями прикинулись! Птицы-стрекозы.

Трофимыч чуть присел и рванул всем корпусом сначала вправо, потом влево. Слотин и Леха так и полетели на песок. Не возьмете за просто так!

— Трофимыч, садовая голова, — снова с хриплой одышкой сказал Слотин. — Глянь, что творится! Схлопывается овраг. Как бы не засыпало. Полезли наверх, да побыстрее!

Трофимыч сам почувствовал дрожь земли под ногами, ощутил задубевшей кожей полет колких песчинок, но отбежал в сторону, припадая на короткую ногу, и выкрикнул:

— Сами лезьте! Я здесь остаюсь! Нашли дурачка!

И тут Леха выкинул такое, чего Трофимыч никак не ждал. Парнишка в два шага догнал наладчика и уцепился за рукав ватника. Сказал со слезой в голосе:

— Трофимыч, ты же как строгий отец мне. Пойдем, пожалуйста...

— Отойди! — взревел Трофимыч, вырвал рукав и подхватил с земли обломок, который притащил Леха. Наставил



## ФАНТАСТИКА

острием в грудь своему помощнику и прорычал: — Убейся, а то заporю! Ну!

Земля перестала трястись, но закурилась смрадными испарениями. Воздух, в котором заплясали хлопья, похожие на темно-бурую листву, сдавил горло. Леха слезящимися глазами растерянно смотрел, как вдоль кипящей, булькающей желтыми пузырями речки удаляется колченогая фигура. Трофимыч шел туда, где налившееся багрянцем небо переходило в сплошную тьму.

**В**озле двери больничной палаты стояла нянечка, прислушивалась к разговору выживших в аварии и крестилась, оглядываясь, чтобы не заметили медсестры-комсомолки.

— А почему нас вместе с Трофимычем на тот свет затянуло? — спрашивал юноша с забинтованной головой и гипсом на руке.

— Ты, Алексей, вроде семилетку закончил. А рассуждаешь, как старушки и прочая темнота, — охотно отвечал седой мужчина с загипсованными ногами. — Тот свет, этот... Думаю, что прошлое, настоящее, будущее по-слоино, как оболочки земное ядро, окружают нас. Иногда случаются и разломы. Вместе с человеком могут рухнуть в тартарары другие люди. Мы ближе всех Трофимычу. Я это недавно понял, покопался в воспоминаниях, сопоставил кое-что... До войны я приезжал к его матери, деньгами помогал, похоронил — ведь больше было некому. Она же когда-то, еще в Гражданскую, меня и маму приютила, спасла от голода и карателей, выдала за сестру с племянником.

— А я? — не отставал юноша, даже пытался приподняться, чтобы видеть лицо мужчины, но его собеседник замолк: то ли не был уверен, то ли жалел парня, делал вид, что засыпает.

Леха глядел в больничный потолок, побеленный бороздками, и вспоминал, что ему рассказали в детдоме. Родила его на вокзале какая-то нищенка, почти девчонка. Беленькая и голубоглазая, как он сам. Родила и умерла, не назвавшись по имени-фамилии. Трофимыч, конечно, был настоящим зверем. Но какой-никакой, а все же отец.





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Кафеофис

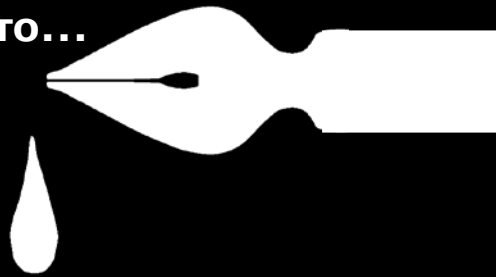
Современные средства связи, дающие человеку умственного труда возможность работать удаленно, сильно меняют бизнес-ландшафт. Например, удаленная работа бьет по транспорту — человек не ездит на службу, соответственно, не покупает ни билеты на автобус и метро, ни автомобиль. Сейчас наметилась еще одна жертва цифровой экономики — владельцы офисных помещений: многие работники свободных профессий отказываются от найма офисов и перемещаются в кафе. Этот феномен в кафе Норвегии, Англии, США и Австралии изучали профессор Аксель Тьёра и его аспирантка Ида Мария Хенриксен из Норвежского института науки и технологии в Тронхейме (агентство «AlphaGalileo», 16 августа 2017 года).

Как оказалось, кофейный ландшафт в самом деле претерпел сильные изменения. Прежде лишь отдельные эксцентричные журналисты или писатели настукивали на пишущих машинках свои нетленные произведения перед глазами изумленной публики, теперь все больше людей заходят в кафе не для того, чтобы поесть или поболтать, а в первую очередь — чтобы сосредоточенно поработать с каким-нибудь электронным устройством. Одни люди в таком кофейном офисе целый день, другие — пару часов. Некоторые забегают только для того, чтобы пробежаться по любимым интернет-страничкам, и, вдохновленные сменой обстановки, возвращаются на рабочее место. Но кое-кто полностью переносит свою деловую жизнь в кафе, не только обрабатывая информацию и набирая тексты, но и организуя там встречи и совещания. Такой способ ведения дел экономит средства и вдобавок позволяет человеку постоянно пребывать в окружении ненавязчивых незнакомцев, а не в кругу коллег, с которыми приходится выстраивать какие-то отношения. Интересно, что белый шум в кафе несколько не мешает работе, наоборот, повышает творческий потенциал.

А что же владельцы кафе, они-то не расстраиваются, что человек целый день занимает столик, потребляя лишь чашечку кофе и печенье? Оказывается, нет. Во-первых, существует негласное, но строго выполняемое правило, что за целый день ты одной чашечкой не отделаешься — нужно несколько чашек, и еще желательно заказать какую-то еду. (Но если работаешь целый день, обедать так или иначе надо, а если обедать там же, где работаешь, экономится время на поход до столовой и обратно.) Во-вторых, посетитель, часами сидящий в кафе, приманивает других посетителей. Поэтому хозяева таких заведений все чаще оснащают столики электророзетками, а зал обставляют таким образом, чтобы как можно больше посетителей могло сидеть лицом к окну: так создается более благоприятная для творчества обстановка. Эти усилия не пропадают даром — число офисных кафе в Тронхейме растет вопреки всем кризисам.

С.Анофелес

## Пишут, что...



...согласно моделированию с учетом общепринятых сценариев выброса парниковых газов, в Южной Азии температура и влажность приблизятся к опасному для здоровья человека пределу, а в некоторых регионах превысят его уже к концу XXI века («Science Advances», 2017, 3, 8, e1603322, doi: 10.1126/sciadv.1603322)...

...тройские астероиды на орбите Марса в кластере Эврика, судя по их составу, имеют марсианское происхождение («Nature Astronomy», 2017, 1, 0179, doi: 10.1038/s41550-017-0179)...

...анализ данных широкополосных сейсмических станций IRIS говорит о появлении после сильных землетрясений цугов колебаний с периодом 129,5 мин.; они, вероятно, являются отражением собственных изгибных колебаний литосферы («Физика Земли», 2017, 4, 3—27)...

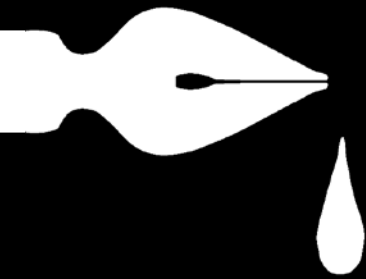
...портал «Акустика» предоставляет открытый доступ к работам российских специалистов в этой области; со временем на нем появятся данные по другим разделам физики и астрономии, в том числе будет доступ к малодоступным русскоязычным изданиям («Акустический журнал», 2017, 63, 4, 449—458, <http://akdata.ru>)...

...зрелые вкусовые клетки языка млекопитающих живут всего 5—20 дней, они постоянно обновляются, причем новые клетки «подключаются» к нейронам, передающим информацию о вкусе в мозг, с помощью особых сигнальных молекул («Nature», 2017, doi: 10.1038/nature23299)...

...препарат на основе активированного угля может защитить микробиом кишечника человека от антибиотиков, снизив их нежелательные побочные эффекты (bioRxiv, doi: 10.1101/169813)...

...среди немедикаментозных методов лечения боли в шее лучше всего доказана эффективность обычной гимнастики, в том числе не только для шеи; менее очевидна эффективность йоги, акупунктуры, массажа и манипуляций с позвоночником («British Medical Journal», 2017, 358, doi: 10.1136/bmj.j3221)...

...в присутствии паров мятного масла отметки за основанный на работе долговременной памяти словарный диктант у школьников младших классов достоверно выше, чем в их отсутствие, однако на выполнение работ, основанных почти исключительно на внимании, мятное масло не влияет («Известия РАН. Серия биологическая», 2017, 4, 427—432)...



...японские ученые методами геной инженерии получили синюю хризантему («Science Advances», 2017, 3, 7, e1602785, doi: 10.1126/sciadv.1602785)...

...эйкозапентаеновая кислота — основная полиненасыщенная жирная кислота глаз стрекозы, которой нет у наземных насекомых, скорее всего, обеспечивает лучшее проведение светового сигнала, поскольку во время охоты стрекозы полагаются главным образом на зрение («Доклады Академии наук», 2017, 475, 3, 346—348)...

...численность почвенных микроорганизмов можно определять с помощью электроакустического анализа клеточных суспензий микробных клеток при их инфицировании бактериофагом («Биофизика», 2017, 62, 4, 712—721)...

...грибок *Cadophora malorum* перспективен для переработки отходов нефтепродуктов в биотопливо — содержание пальмитиновой кислоты в его липидах достигает 52,9% от общей суммы жирных кислот; он также может служить эффективным биоремедиантом («Прикладная биохимия и микробиология», 2017, 53, 4, 387—394)...

...люди употребляли в пищу картофель уже в XI тысячелетии до н. э., что доказали гранулы крахмала дикого картофеля *Solanum jamesii*, обнаруженные на каменных орудиях труда, которые были найдены в штате Юта («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2017, 114, 29, 7606—7610, doi: 10.1073/pnas.1705540114)...

...отношение А.И.Герцена к современной ему Европе, ее буржуазным ценностям и политическим программам повлияло на некоторые стихи В.Ф.Ходасевича в сборнике «Европейская ночь», название которого и особенности поэтики также восходят к сочинениям Герцена («Известия РАН. Серия литературы и языка», 2017, 76, 3, 5—22)...

...жуки стафилиниды *Philonthus rotundicollis*, обитающие на побережье Охотского моря, предпочитают зимовать в ходах гнезд муравьев-древоточцев, где им готов не только дом, но и стол в виде муравьиных личинок («Зоологический журнал», 2017, 96, 7, 779—783)...

...западных заборных игуан *Sceloporus occidentalis* легче ловить, если на тебе футболка такого же синего цвета, что брюшко и горло самцов этого вида («PLoS ONE», 2017, 12, 8, e0182146, doi: 10.1371/journal.pone.0182146)...

Художник Клим



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Проблема арийской чистоты

Не секрет, что во всем мире есть группы людей, которые пытаются судить о человеке не по его талантам, а по той крови, что течет в его жилах. Ежели это кровь той национальности или расы, что считается в группе высшего сорта, то такой человек — настоящий, будущий господин мира, все же остальные — недолуды не имеющие перспектив. Для выяснения чистоты применяют разные методы. Одно время было популярно измерять форму черепа или носа, но этих измерителей ждал печальный конец. Теперь же появился абсолютный маркер — личный геном. И теперь перед ревнителями чистоты зачастую встает сложная дилемма, которую Аарон Панофский и Джоан Донован из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе обсудили 14 августа 2017 на 112 конференции Американской социологической ассоциации в Монреале (агентство «NewsWise», 12 августа 2017 года).

«Результат генетического теста может оказаться для такого человека либо хорошим, либо плохим. С хорошим все ясно: я все считал себя ирландцем, а вот, оказалось, что я норвежец. Ну да ничего страшного, норвежцы — ведь так же белые люди — скажет такой человек. А вот если в пробе встретились гены человека с Ближнего востока или из Африки, приходится выкручиваться», — говорит Аарон Панофский. Тут возникает несколько стратегий. Одна из них — сказать, что семейные предания — это основа истории происхождения, а что там намерили ученые, с этим не стоит так уж считаться. «Порой люди находят такую отговорку: в конце-концов, исследователи-генетики, скорее всего, евреи, а они всегда хотят внести смущение в души белых людей относительно их происхождения», — поясняет Панофский. Близкая стратегия — апелляция к зеркалу: ну как же у меня могут быть семитские или негроидные корни, если в зеркало я вижу физиономию, без характерных черт? Наверняка исследователи что-то напутали, да и не всё они знают.

Однако есть и такие, кто не прячется за отговорками: да, в нашей семейной истории были межнациональные или межрасовые браки. Но большая-то часть моей крови досталась от белого человека, она-то и определяет мой характер.

Тут есть основания для конфликта с теми членам референтной группы, которые выступают поборниками расовой чистоты. Однако, как отмечает Панофский, удивительным образом декларации не воплощаются в дела: никакого конфликта не возникает, наоборот, члены группы поддерживают товарища и предпринимают усилия, чтобы он не выпал из круга их общения.

Вот так и получается, что чистота крови, на деле, не более, чем фикция, а главное — в общественной психологии, в соответствии убеждений человека с теми, что приняты в дружеском сообществе. Уж если зародились в нем дурацкие идейки, они дадут всходы, хоть какая бы ни была кровь у человека, попавшего под их влияние.

А.Мотыляев

«Холмия и жизнь», 2017, № 9, www.hij.ru



# Цветочные войны

Скатертью, скатертью хлорциан стелется  
И забирается под противогаз.  
Каждому, каждому в лучшее верится,  
Но падает, падает ядерный фугас.

Из студенческого фольклора

М.П.БЕСПАЛОВОЙ, Новосибирск: *Краситель и пигмент в текстильной промышленности — не одно и то же: краситель обладает сродством к окрашиваемому материалу и образует связь с волокнами, а у пигмента такого сродства нет, его удерживает на волокне какое-то другое вещество; все текстильные красители — органические вещества, пигменты же бывают как органическими, так и неорганическими.*

В.В.СИМАКОВУ, Казань: *Нитриловые перчатки, которые носят медицинские работники, сделаны из бутадиен-нитрильного каучука, сополимера бутадиена и акрилонитрила, отличающегося маслостойкостью и устойчивостью к агрессивным средам.*

А.П.ПОЛЯКОВУ, Волгоград: *Веган, или растительный крафт, — кожа вполне натуральная, это кожа крупного рогатого скота или свиная, растительного дубления, толстая, а вот экокожа — тоже самое, что искусственная кожа, полиуретановое покрытие на тканевой основе.*

Г.А.ВОРОБЬЕВУ, Пушкино: *Юглон, или 5-гидрокси-1,4-нафталиндион, — активное вещество грецкого ореха, используется как краситель или естественный гербицид, подавляющий рост других растений.*

Т.В.ГЕРМАН, Москва: *Арбуз, как и помидоры, делают красным каротиноиды, поэтому пятно от арбузного сока также можно обесцветить подкислением.*

Е.А.ЗАЙЦЕВОЙ, Санкт-Петербург: *Персипан — десерт, похожий на марципан, в котором вместо миндаля используют ядра абрикосовых или персиковых косточек.*

А.Л., Москва: *Научных данных о том, почему крокодилий жир полезнее для нашей кожи, чем кокосовое масло, нам найти не удалось, зато нашлись работы, где из него предлагают делать биодизель, благо на крокодиловых фермах он все равно пропадает; возможно, косметический пиар крокодижира вызван поиском новых рынков сбыта.*

Н.Б., электронная почта: *Почему небо голубое, известно давно: свет рассеивается на флуктуациях, соразмерных длине волны; чем меньше размер флуктуации, тем больше вероятность ее возникновения; флуктуаций, рассеивающих коротковолновой синий свет, больше, чем рассеивающих красный, поэтому небо на Земле или Марсе (если нет пылевой бури) может быть только синим.*

Век XIX был веком техники. В том числе техники военной — на поля битв пришли новейшие изобретения человеческого гения: броненосцы, подводные лодки, торпеды, скорострельные орудия. Все они требовали взрывчатых веществ, порохов, новых материалов, а производство взрывчатых веществ и новых разновидностей чугуна и стали требовало химиков. Химия еще глубже простерла свои щупальца в дела человеческие и подпортила собственную репутацию у широких масс.

Вместе с новыми войнами пришли и мечты о новых орудиях войны — эффективных и гуманных. Поначалу такими показались отравляющие газы. Пионером газовых войн в фантастике был, вероятно, Жюль Верн. В романе «Пятьсот миллионов бегумы» (1879) он вложил в уста «мрачного тевтонского гения» профессора Штирнера апологию такого орудия массового уничтожения: «Это снаряд-ракета из стекла в дубовой обшивке, заряженный под давлением в семьдесят две атмосферы жидкой углекислотой. При падении свинцовая оболочка разрывается, и жидкость превращается в газ. В результате этого температура в окружающей зоне понижается на сто градусов ниже нуля, и вместе с тем огромное количество углекислого газа распространяется в воздухе. Всякое живое существо, находящееся в пределах тридцати метров от места взрыва, должно неминуемо погибнуть от этой ледяной температуры и от удущья. Тридцать метров — это, так сказать, исходная цифра, на самом же деле действие снаряда охватывает, вероятно, значительно большую площадь, примерно сто, двести метров в окружности. Тут надо учесть еще одно благоприятное для нас обстоятельство, а именно то, что углекислый газ благодаря своей тяжести надолго задерживается в нижних слоях атмосферы, в силу чего охваченная его действием зона остается зараженной в течение нескольких часов после взрыва и всякое существо, осмеливающееся проникнуть туда, погибает. Как видите, выстрел из моей пушки дает двойкий результат — мгновенный и длительный! И при этом раненых не бывает — одни трупы».

В реальности углекислота оказалась малоприменимой для боевого применения, хотя возможности химических снарядов «амьенский мечтатель» определил довольно точно. Более реалистично боевые отравляющие газы описал Герберт Уэллс. Нельзя не ужаснуться чудовищной точности, с которой он изобразил их в «Войне миров» (1898): «Ударившись о землю, снаряды раскальвались — они не рвались, — и тотчас же над ними вставало облако плотного темного пара, потом облако оседало, образуя огромный черный газовый холм, который медленно расплзался по земле. И прикосновение этого газа, вдыхание его едких хлопьев убивало все живое.

Этот газ был тяжел, тяжелее самого густого дыма; после первого стремительного взлета он оседал на землю и заливал ее, точно жидкость, стекая с холмов и устремляясь в ложбины, в овраги, в русла рек, подобно тому как стекает углекислота при выходе из трещин вулкана».

Кошмар газовой атаки описан человеком, не видевшим Ипра и Марны, Болимова и Икскуля: «Можно представить себе изумление и испуг при виде быстро разворачивающихся колец и завитков надвигающегося черного облака, которое превращало сумерки в густой оседаемый мрак: непонятный и неуловимый враг настигает свои жертвы; охваченные паникой люди и лошади бегут, падают; вопли ужаса, брошенные орудия, люди, корчащиеся на земле, — и все расширяющийся черный конус газа. Потом ночь и смерть — и безмолвная дымная завеса над мертвецами». Поразительно предвидение чисто военных аспектов газовой войны: Уэллс предусмотрел и то, что особенно эффективно газовое оружие будет в контрбатареинной борьбе, и дегазацию зараженных мест перегретым паром. По полям битв романа «раскальвали марсиане в своей сверкающей броне, спокойно и методически выпуская в тот или иной район ядовитые облака газа; затем они рассеивали газ струями пара и не спеша занимали завоеванную территорию».

Первая мировая война внесла коррективы в эту картину и расширила круг тех, кто стал пророком грядущей химической войны на уничтожение. Слишком много народа познакомилось с действием отравляющих веществ, слишком у многих были на слуху их наименования. Настолько на слуху, что некоторые прорвались даже в названия романов.

«(CHCl=CH)3As (Люизит), или Единственная справедливая война» (1926) — роман немецкого поэта Йоганнеса Бехера, за который его автору предьявили



Художник П. Перевезентцев

ХИМИКИ И ЛИРИКИ

обвинение в государственной измене, пропитан опытом Первой мировой. Здесь американские заводы, производящие люизит, выступают как символ всего западного мира, источающего яд. Превращенный в газовое болото Берлин, жертва применения химического оружия против собственного народа, предсказывает реальные катастрофы, которые ждут мир в будущем: недалеко — в Абиссинии, подальше — во Вьетнаме, в ирано-иракской войне...

Лихой авантюрный «Иприт» Всеволода Иванова и Виктора Шкловского нес на себе все родимые пятна «красного Пинкертона» и отпечатки когтей таланта двух соавторов. Его поспешили забыть — слишком не ко двору были масштабные, хоть и аляповатые панорамы мировой революции после 1929 года. Да и картины гибели советских людей в газовой атаке были слишком красочны: «Корчась и катаясь по плитам улиц, не успевшие забежать в дома, — под воротами, под мостами, в расщелинах зданий, со странной страстью животных: умирать, прислонив плечо к дереву или камню, — валились люди». В соответствии с духом эпохи участвующие в газовой войне массы обезличены: «Это воевали не люди, это воевали химические фабрики, и люди исполняли обязанности реактива на те или иные газы».

В «Освобожденном мире» Герберта Уэллса (1936) после десятилетий химической и какой угодно другой войны организация технократов (мы сказали бы — миротворцев) приводит к повиновению непокорные анклавы под властью главарей бандформирований с помощью усыпляющих газов. Но такое мирное применение химоружия было в межвоенные годы скорее редким исключением, чем правилом.

Химическое оружие и отношение к нему после Первой мировой войны стало пробирным камнем совести ученого так же, как после 1945 года — атомное оружие. В рассказе «Штеккерит» (1929), перепечатанном «Химией и жизнью» в 1987-м, немец-изобретатель смертоносного газа оказывается жертвой своего же изобретения и сполна переживает ощущения человека, попавшего под колеса истории и технического прогресса. Автор рассказа Владимир Орловский (Грушвицкий), кстати, был химиком-профессионалом, автором научных работ по галургии.

Запах герани как признак присутствия иприта упоминался Ивановым и Шкловским. Замечательный советский поэт Семен Кирсанов написал фантастическую поэму о будущей мировой войне «Герань, миндаль, фиалка» (1936), где обыгрывал смертоносные цветочные ароматы — миндалем пахнут цианиды, фосген — фиалками или свежескошенным сеном. Чудовищные ароматы новой войны оказываются бессильны перед ароматами настоящих цветов. Если бы все было так просто...

Страх химической войны, страх перед отравляющими газами глубоко проник в массовое сознание. Свидетельство — как ни странно, роман Алексея Толстого «Гиперболоид инженера Гарина» (1927). В нем впервые применяется газовая граната — индивидуальное химическое оружие. Химическая война в кармане авантюриста, снижение апокалиптического до обыденного. Задолго до того, как спецслужбы взяли на вооружение подобные устройства, его описал писатель-фантаст. Когда в «Желтке яйца» Василия Аксенова агент ЦРУ применяет гранату с усыпляющим газом — это след Гарина.

На смену отравляющим газам в качестве оружия массового поражения пришло ядерное оружие, и, естественно, в фантастике произведений о химической войне стало гораздо меньше. Во вставной новелле «Чудовища Мар-Сийена» повести Николая Шагурина «Рубиновая звезда» (1955) упоминается последняя атака капиталистов на мир побеждающего коммунизма с помощью ракет — и радиоактивного в соответствии с духом времени газа, развеянного искусственным циклоном.

Однако самым выразительным произведением о подготовке к химической войне в конце XX века стала небольшая повесть венгерского писателя Лайоша Мештерхази «Великолепная рыбалка» (1973). Ее герой-рассказчик — разработчик смертельного газа, действие которого проходит через несколько часов, и зараженная местность перестает представлять угрозу для наступающих войск. Он увлечен рыбалкой, и чудовищные испытания его изобретения на людях вызывают у него лишь научный интерес — детали умирания одного из подопытных дают толчок для новой идеи, еще более совершенного оружия. Век расстанется с химерой по имени совесть...

**Владимир Борисов,  
Александр Лукашин**

23–26.10.2017

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»



20-я международная  
выставка химической  
промышленности  
и науки

# ХИМИЯ



**Инновации  
и современные  
материалы**

Организатор: АО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- РХТУ им. Д.И. Менделеева

Под патронатом

Торгово-промышленной палаты РФ



Реклама 12+



**Хим-Лаб-Аналит**



**Химмаш. Насосы**



**Индустрия пластмасс**



**Зеленая химия**



**Салон защиты  
от коррозии «Коррус»**

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

