**ЭВОЛЮЦИЯ** 

Новая жизнь древней ДНК ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

Антиматерия в облаках НЕЙРОНАУКИ

Биохимия радости

ежемесячный научно-информационный журнал

MERICAN

# B MUDE HAUKU

www.sciam.ru

№10 2012

## Черная дыр В сердце Млечного

Мы обязаны этим монстрам жизнью

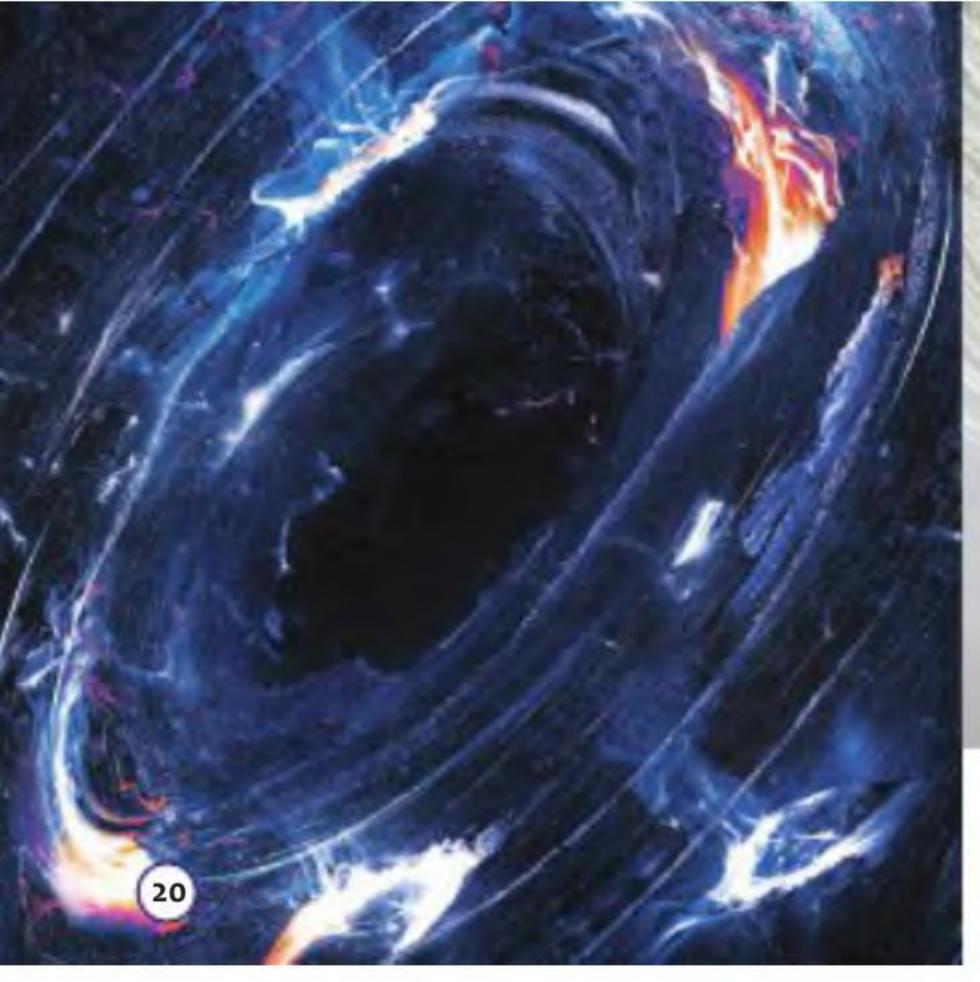
ISSN 0208-0621

770208 062001





Журнал выходит при поддержке МГУ имени М.В. Ломоносова





### СОДЕРЖАНИЕ Октябрь 2012

### Главные темы номера

#### География

#### ОСТРОВ СЕРГЕЯ КАПИЦЫ

#### Ольга Беленицкая и Наталья Веденеева

Один из безымянных островов Курильской гряды получил имя недавно ушедшего от нас выдающегося ученого и просветителя, главного редактора нашего журнала Сергея Петровича Капицы



#### Психология

#### **АГРЕССИЯ**

#### КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЩЕСТВА

#### Алексей Устинов

Ведущий специалист в области изучения преступности Сергей Ениколопов — о причинах возникновения агрессии в социуме и о способах борьбы с ней



14

#### Астрофизика

#### **ИНОГДА ЧЕРНАЯ ДЫРА ВОЗВРАЩАЕТСЯ** 20

#### Калеб Шарф

Ненасытное чудовище, сидящее в центре нашей Галактики, способно повлиять не только на пригодность Земли для жизни людей, но даже и на само существование нашей планеты



#### Физика атмосферы

#### **СМЕРТОНОСНЫЕ ЛУЧИ ИЗ ОБЛАКОВ**

#### Джозеф Двайер и Дэвид Смит

Обычные грозы отправляют в космос мощные вспышки гамма- и рентгеновского излучения, испуская потоки элементарных частиц и даже антиматерии



#### Нейронауки

#### СЧАСТЛИВЫЙ МОЗГ

36

28

#### Кент Берридж и Мортен Крингельбах

Понимание механизмов возникновения в мозге чувства удовольствия может привести к появлению нового лекарства от депрессии и аддикций, а возможно — и к появлению новой науки о счастье

#### КАК ВЫРАСТИТЬ ХОРОШЕГО УЧЕНИКА 44

#### Гэри Стикс

Ученые разрабатывают новые способы облегчить обучение чтению, письму, счету и даже социальным навыкам



#### Здравоохранение

#### ТИХИЕ ПРЕДАТЕЛИ

#### Дэвид Cmunn

Долгое время считалось, что клетки, перестающие делиться, защищают организм от рака, но, как оказалось, иногда они становятся его пособниками



#### Биомедицина

#### мы не волшебники, мы только учимся!

#### Наталия Лескова

Руководитель отделения кристаллографии и материаловедения Курчатовского НБИКС-центра Сергей Чвалун — о чудесах современной биотехнологии

#### **ЛОР-ВРАЧИ СПЕШАТ НА ПОМОЩЬ**

#### Наталия Лескова

Российские ученые дают все больше шансов на исцеление ранее безнадежным больным

#### Эволюционная биология

#### новая жизнь древней днк

#### Кевин Кэмпбелл и Майкл Хофрайтер

Последние достижения биотехнологии позволяют проникнуть в тайны функционирования организма давно исчезнувших животных

#### Научные беседы: бактериология

#### ФАГОВАЯ ТЕРАПИЯ

78

#### Интервью: Брендан Боррелл

Вирусы незаменимы для борьбы с бактериальными инфекциями — так считает микробиолог Винсент Фишетти

#### Науки о здоровье

#### ПЯТЬ СКРЫТЫХ ОПАСНОСТЕЙ ОЖИРЕНИЯ 82

#### Кристин Горман

Избыточный вес наносит урон здоровью, в том числе и совершенно неожиданным образом

#### Фестивали

54

#### ПРАЗДНИК НАУКИ

84

VII Фестиваль науки, стартующий 12 октября в Москве, станет завершающим и самым масштабным событием II Всероссийского фестиваля науки



#### «МИР ЗНАНИЙ»:

#### ФЕСТИВАЛЬ УМНОГО КИНО

86

#### Сергей Островерхов

С 24 по 27 октября в Санкт-Петербурге пройдет VII Международный кинофестиваль научнопопулярных и просветительских фильмов «Мир знаний»



#### Разделы

50, 100, 150 лет тому назад

От редакции	3
События, факты, комментарии	90

66

70

95



ООО «Капица и Партнеры» Некоммерческое Учредитель и издатель: партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Номер создавался при участии главного редактора, президента координационного совета Некоммерческого партнерства «Международное партнерство распространения научных знаний» С.П. Капицы

А.Ю. Мостинская О.И. Стрельцова
В.Д. Ардаматская
Ю.Г. Юшкявичюте
М.А. Янушкевич
В.Ю. Чумаков
֡֡֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜֜

Научные консультанты: кандидат психологических наук С.Н. Ениколопов; доктор химических наук, руководитель отделения кристаллографии и материаловедения Курчатовского НБИКС-центра С.Н. Чвалун

Над номером работали: О.Л. Беленицкая, Н.В. Веденеева, А.П. Кузнецов, Т.Н. Лапшина, Н.Л. Лескова, Т.А. Митина, С.А. Островерхов, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.И. Сидорова, В.Э. Скворцов, А.Н. Устинов, Н.Н. Шафрановская

Верстка:	А.Р. Гукасян
Дизайнер:	Я.В. Крутий
Корректура:	Я.Т. Лебедева

Директор Некоммерческого партнерства «Международное

за

партнерство распространения научных знаний»:	С.В. Попова	
Директор по связям с общественностью, исполнительный продюсер:	Т.А. Вручинская	
Финансовый директор:	Л.И. Гапоненко	
Главный бухгалтер:	НВ Гуртиева	

Адрес редакции: Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138; Тел./факс: (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

Отпечатано: В ЗАО «ПК «ЭКСТРА М», 143400, Московская область, Красногорский р-н, п/о «Красногорск-5», а/м «Балтия», 23 км, полиграфический комплекс Заказ №10 12-09-00372

© В МИРЕ НАУКИ. Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати. Свидетельство ПИ №ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

#### Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная.

Авторские права НП «Международное партнерство распространения научных знаний». © Все права защищены. Некоторые из материалов данного номера были ранее опубликованы Scientific American или его аффилированными лицами и используются по лицензии Scientific American. Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

#### SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED	1845
-------------	------

Senior Vice President and Editor in Chief:  Executive Editor:  Managing Editor:		Mariette DiChristina	
		Fred Guterl	
		Ricki L. Rusting	
Managing Editor, On	line:	Philip M. Yam	
Design Director:		Michael Mrak	
News Editor:		Robin Lloyd	
Senior Editors:	그래요 그렇게 그렇게 되는 게임이 되는 점점이 되면 해결 때 이 없습니다 경기를 하게 되었다.	nan, Anna Kuchment, Michael Musser, Gary Stix, Kate Wong	
Associate Editors:	David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,		

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon, Associate Editors. Ferris Jabr, John Matson

Podcast Editor: Steve Mirsky

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi, Graham Contributing editors: P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna, John Rennie, Sarah Simpson Ian Brown

Art director: Steven Inchcoombe President: **Executive Vice President:** Michael Florek Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss Vice President, Digital Solutions: Wendy Elman Bruce Brandfon Adviser, Publishing and Business Development:

© 2012 by Scientific American, Inc.

Торговая марка Scientific American, ее текст и шрифтовое оформление являются исключительной собственностью Scientific American, Inc. и использованы здесь в соответствии с лицензионным договором.



Основатель и первый главный редактор журнала «В мире науки», русскоязычной версии Scientific American, профессор

СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ КАПИЦА

#### наши партнеры:















Сибирское отделение РАН





Прошло чуть больше месяца с того момента, когда ушел из жизни наш главный редактор Сергей Петрович Капица. Но нам все так же трудно говорить о нем в прошедшем времени. Для нас он продолжает быть...

ы по-прежнему у него учимся, до многих его мыслей нам еще предстоит дорасти. В последующих номерах журнала мы планируем публиковать материалы, посвященные той или иной грани его деятельности.

О том, что научные идеи Сергея Петровича продолжают жить, говорит тот факт, что его стали еще чаще цитировать, на него ссылаются, к нему апеллируют. В стране началось движение сохранения памяти и развития наследия Сергея Петровича Капицы.

В первых числах сентября произошло важное и удивительное событие: один из безымянных островов Курильской гряды был назван именем Сергея Капицы. С Дальним Востоком Сергея Петровича связывало многое. Здесь он снимал первые советские фильмы о подводном мире, хотел вновь приехать сюда.

Морская экспедиция «Имя на карте Сахалина и Курил» была короткой, но эмоционально насыщенной. Ее участники были вдохновлены прекрасной высокой целью. Рассказ об экспедиции «Остров Сергея Капицы» и фоторепортаж открывают этот номер.

Редакция журнала «В мире науки»



## Остров Сергея Капицы







2. Светлана Журова и заместитель губернатора Сахалинской области Дмитрий Братыненко закладывают на острове Сергея Капицы памятную капсулу с его именем

3. Так остров Сергея Капицы выглядит на спутниковых снимках. Он расположен вблизи бухты Маячной, в 400 м от северо-восточной части острова Шикотана. Площадь — 0,286 км². Максимальная высота — 30 м. На острове есть ручей и густой, в человеческий рост, травяной покров



1. Олимпийская чемпионка Светлана Журова доставила портрет Сергея Капицы на остров, названный в его честь

6 сентября 2012 г. произошло историческое событие: один из безымянных островов Курильской гряды получил имя недавно ушедшего от нас выдающегося ученого и просветителя, главного редактора нашего журнала Сергея Петровича Капицы

тому событию предшествовал стартовавший в середине августа конкурс «Имя на карте Сахалина и Курильских островов», организованный по инициативе губернатора Сахалинской области Александра Хорошавина правительством региона. К участию приглашены жители не только Сахалинской области, но и всей России. Голосование проходит на сайте Rosostrova.ru.

#### Рукописи не горят

Главным фаворитом первого тура голосования стал Сергей Петрович Капица. Не все, отдавшие за него свои голоса, знали, что эта акция имеет глубоко символический характер. Именно здесь в середине 60-х гг. Сергей

Петрович и его друзья-единомышленники ученыйфизик Аркадий Мигдал, искусствовед Ольга Северцева и инженер Виктор Суетин сняли первые советские фильмы о подводном мире Сахалина и Курил. Фильм «Над нами Японское море» стал своеобразной «пробой пера», а второй — «У скал Монерона» — Сергей Петрович в 1965 г. с большим успехом представлял в Каннах на фестивале спортивных фильмов.

На этом история, связанная с Сахалином, не заканчивается. Полгода назад, разбирая свои бумаги, Сергей Петрович неожиданно обнаружил старую рукопись. Ею оказался сценарий научно-приключенческого художественного фильма «Тайна острова каланов», написанный им после второй поездки на Сахалин. Действие

- 4. Каланы доброжелательные и самые маленькие морские млекопитающие в мире. Живут в суровых природных условиях, не имеют подкожной жировой прослойки, зато природа наградила их самой густой среди всех известных млекопитающих шерстью. В XVIII—XIX вв. из-за своего ценного меха подверглись хищническому истреблению, в результате чего оказались на грани исчезновения. В XX в. были занесены в Красную книгу СССР. Племена алеутов и айнов, которые изначально проживали в местах обитания каланов, включали этих животных в свою культуру и фольклор, часто приписывая им происхождение от человека. Например, есть легенда о двух влюбленных, бросившихся в море и обратившихся в каланов
- **5.** Ирис, или касатик щетинистый, украшает дикий ландшафт необитаемых островов

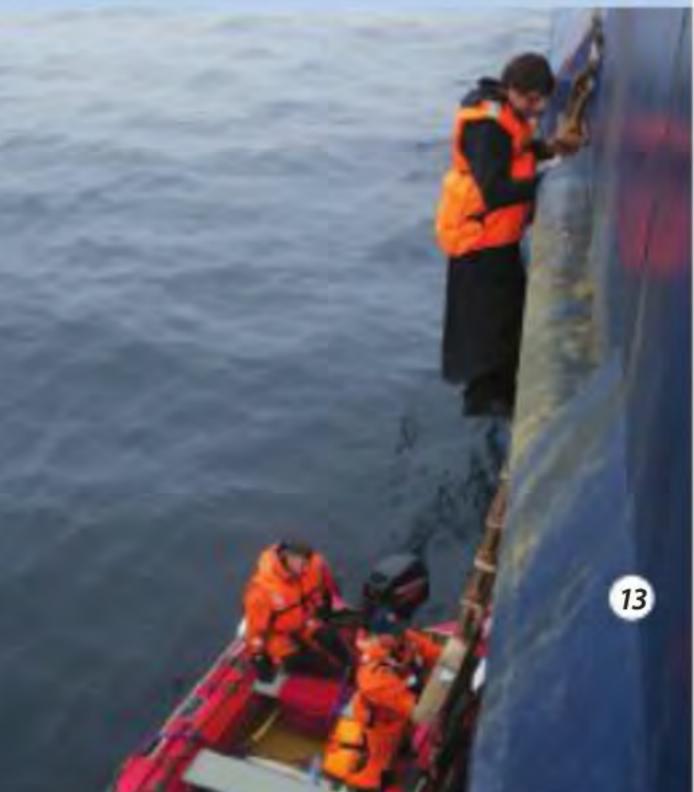




6. Острова Шикотан, Алексея Гнечко и Сергея Капицы 7. Светлана Журова и Дмитрий Братыненко возлагают цветы к портрету С.П. Капицы











- **10.** Губернатор Сахалинской области Александр Хорошавин провожает участников экспедиции
- **11.** Волна уносит живые цветы, которые были возложены к портрету Сергея Петровича Капицы
- **12.** Участник экспедиции протоиерей Виктор Горбач
- **13.** Протоиерей Виктор Горбач без страха отправляется к островам, чтобы освятить необитаемые земли
- **14.** Теплоход «Игорь Фархутдинов» во время высадки экспедиции на острова
- **15.** Наш режиссер и оператор Евгений Репников после успешной высадки на остров

Курильская гряда — цепь островов между полуостровом Камчатка и островом Хоккайдо, дугой отделяющая Охотское море от Тихого океана. Протяженность — около 1,2 тыс. км. Общая площадь — 15,6 тыс. км². К югу от них проходит государственная граница Российской Федерации с Японией. Острова образуют две параллельные гряды. Включают 30 больших и множество мелких островов. Более 200 не имеют названий. Природа северных островов достаточно скудная, в отличие от южных, где растут хвойные и широколистные деревья, лианы, дикорастущая магнолия, курильский бамбук. Животный и прибрежный подводный мир весьма разнообразен.





разворачивается на Дальнем Востоке, суровая природа которого описана со скрупулезностью ученого. Остров каланов — это столь полюбившийся Сергею Петровичу Монерон. Сюжет интересно закручен и строится на неожиданных, а часто и опасных для главных героев событиях. Сценарий был принят на «Мосфильме» в производство, но по различным причинам съемки отложили. Рукопись была убрана «до лучших времен» и со временем казалась потерянной.

Перечитав, Сергей Петрович понял, что хочет дописать и экранизировать свой сценарий. Он был настолько увлечен этой идеей, что начал активно работать, адаптируя сценарий к сегодняшнему дню. Он успел многое сделать, но, к сожалению, не все. Долг коллег и друзей Сергея Петровича — воплотить его мечту.

#### Возвращение на Сахалин

Для церемонии наименования безымянных островов Курильской гряды Русское географическое общество снарядило морскую экспедицию на теплоходе «Игорь Фархутдинов». В ней приняли участие 140 человек, среди которых были ученые, преподаватели, журналисты, общественные деятели, представители аппарата правительства Сахалинской области, спасатели МЧС. Маршрут пролегал через Анивский залив к острову Шикотану, в акватории которого находятся эти острова. Они скалисты, имеют площадь от 100 м<sup>2</sup>, а в высоту поднимаются на 20-30 м. Рядом с самым крупным из них, которому присвоили имя Сергея Капицы, есть еще два, которым планировалось дать имена Игоря Фархутдинова, губернатора Сахалинской области, погибшего в 2003 г., и генерала Алексея Гнечко, героя Советского Союза, командовавшего Курильской десантной операцией во время Великой Отечественной войны.

Курильская гряда — цепь островов между полуостровом Камчатка и островом Хоккайдо, дугой отделяющая Охотское море от Тихого океана. Протяженность — около 1,2 тыс. км. Общая площадь — 15,6 тыс. км $^2$ . К югу от них проходит государственная граница Российской Федерации с Японией. Острова образуют две параллельные гряды. Включают 30 больших и множество мелких островов. Более 200 не имеют названий. Природа северных островов достаточно скудная, в отличие от южных, где растут хвойные и широколистные деревья, лианы, дикорастущая магнолия, курильский бамбук. Животный и прибрежный подводный мир весьма разнообразен.





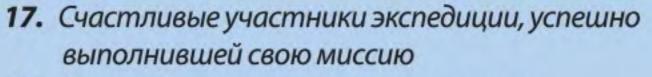
- 8. К острову направляется «десант смельчаков»
- 9. Первый в России инновационный завод по производству сжиженного природного газа (СПГ) находится на южном побережье Сахалина в г. Корсакове. Сжиженный природный газ получают из природного газа путем сжатия с последующим охлаждением. Чистый СПГ не горит, не воспламеняется, не взрывается, что делает процесс его хранения и транспортировки более простым и безопасным



16. Капитан теплохода «Игорь Фархутдинов» Иван Иванович Чеботаев в море уже 27 лет. Последние 12 лет его сопровождает в плаванье кошка Джессика, настоящая хозяйка судна. Ей, в отличие от других членов команды, разрешается без доклада входить в капитанскую рубку и даже забираться на стол с разложенными на нем картами







- 18. Золотой закат в открытом океане
- **19.** Заместитель губернатора Дмитрий Братыненко возглавил высадку на необитаемые острова
- 20. Главный продюсер телекомпании «Очевидное невероятное» и журнала «В мире науки» Светлана Попова и спецкор канала «Россия 1» Георгий Каптелин вручают губернатору Сахалина побывавший на острове портрет С.П. Капицы

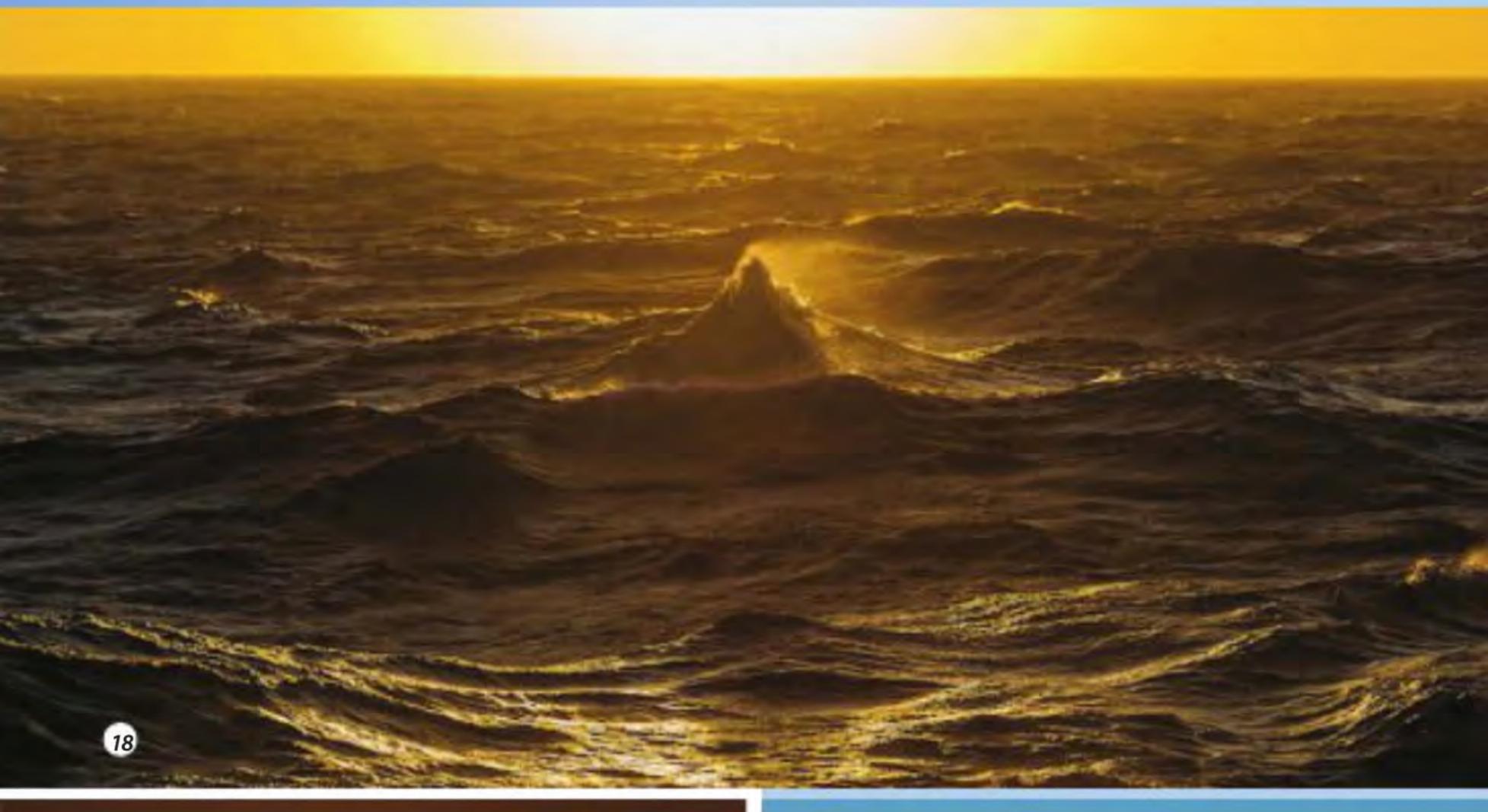
Вокруг Сахалина сегодня насчитывается около 90 безымянных островов, в районе Курил— порядка 200. В рамках проекта «Имя на карте Сахалина и Курильских островов» планируется дать имена еще шести островам Курильской гряды. Предположительно это Андрей Миронов, Антон Чехов, св. Арсений, адмирал Геннадий Невельский, Владимир Высоцкий и Юрий Гагарин.

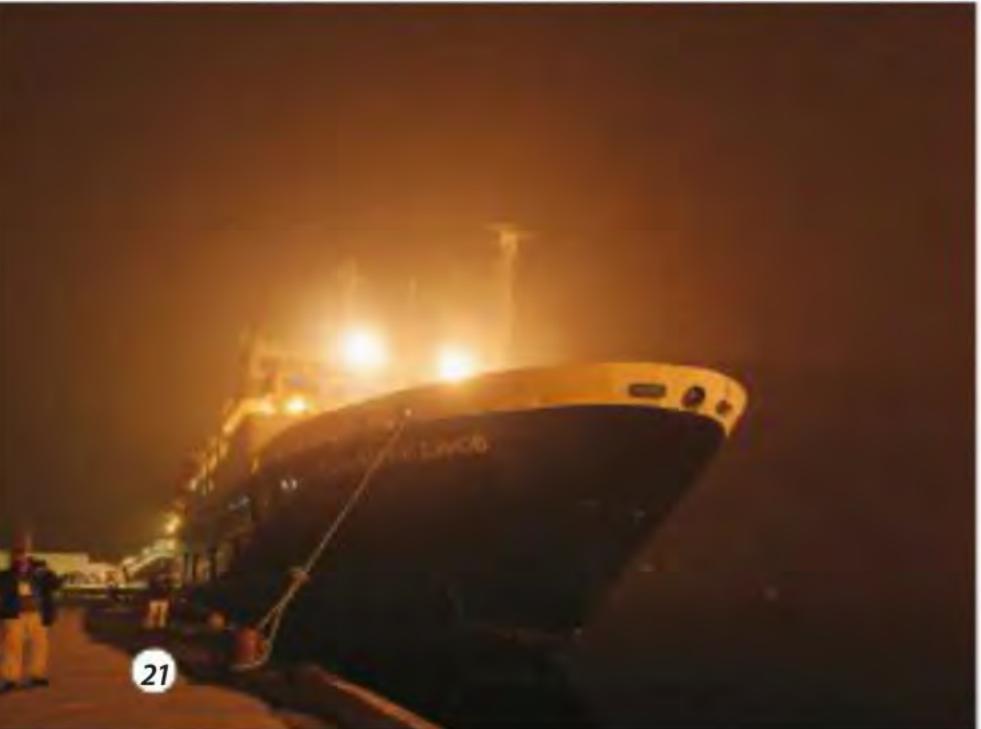
Вы тоже можете принять участие в выборе имени, проголосовав на сайте: http://rosostrova.ru



Перед отплытием губернатор Сахалинской области Александр Хорошавин вручил участникам экспедиции три запаянные капсулы с именами, которым предстояло стать новыми географическими названиями.

Из-за густого тумана и высоких волн подойти к скалистому острову на теплоходе не удалось. Поэтому 6 сентября в 12:00 была отправлена лодка с участниками экспедиции, которые были готовы к героическому поступку. Ими оказались олимпийская чемпионка, член Совета Федерации Светлана Журова и заместитель губернатора Сахалинской области Дмитрий Братыненко. Кроме капсулы они доставили на остров портрет Сергея Петровича, который привезла с собой из Москвы Светлана Попова, соратница и друг Сергея Капицы, главный продюсер телекомпании «Очевидное — невероятное» и журнала «В мире науки». На острове они







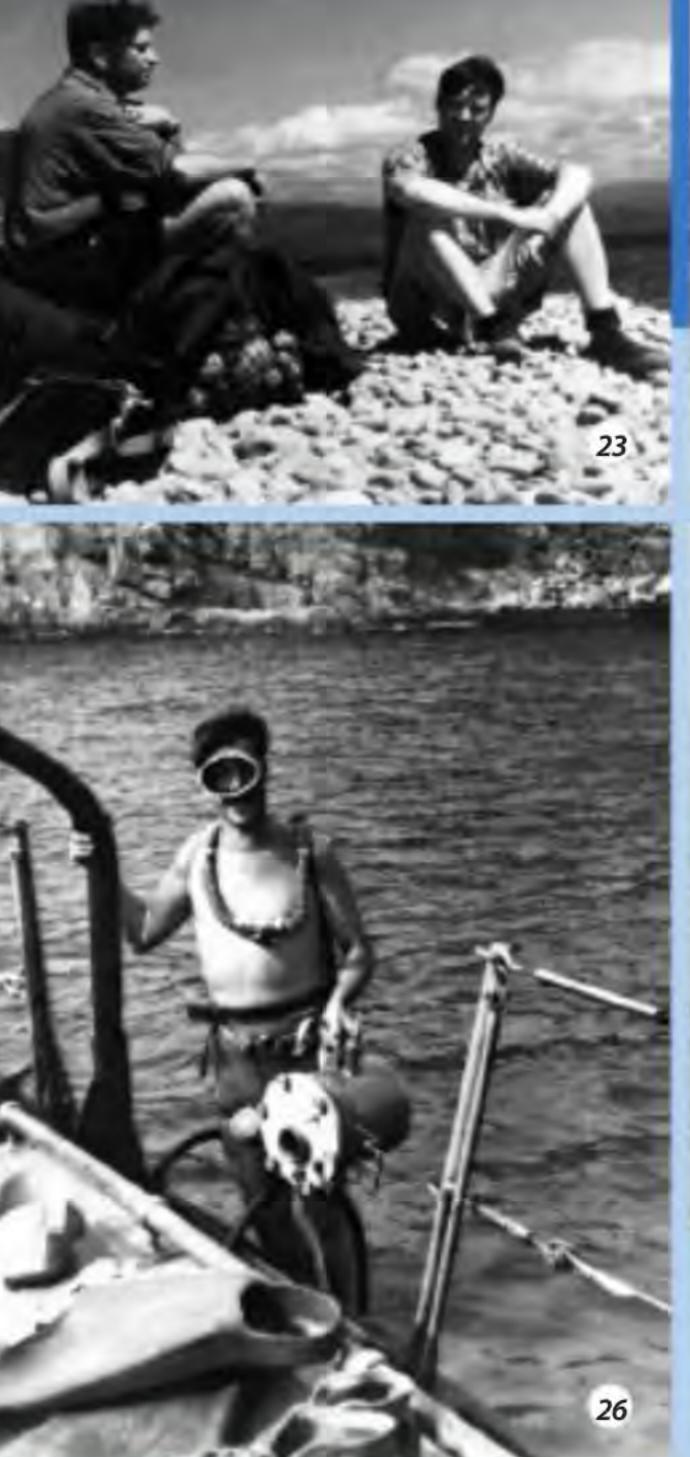
поднялись на 30-метровую скалу и заложили капсулу на ее вершине. После этого был установлен портрет Сергея Петровича и возложены живые цветы, которые затем опустили в море.

Капсула с именем генерала Гнечко была заложена на острове, находящемся неподалеку, а добраться до острова Игоря Фархутдинова не удалось из-за непогоды.

Осталось обсудить наименования островов на заседании Сахалинской областной думы, затем вынести на Межведомственную комиссию по географическим названиям во главе с руководителем Федеральной службы геодезии и картографии, после чего они появятся в атласах.

Появление на Дальнем Востоке острова Сергея Капицы стало своего рода возвращением Сергея Петровича в края, которые он любил и помнил всю свою жизнь. Хочется верить, что он был бы этому очень рад.

- 21. Ночная остановка на острове Кунашир
- 22. Маяк Анива был установлен в 1939 г. на небольшой скале Сивучьей, возле труднодоступного скалистого мыса Анива. Этот район изобилует течениями, частыми туманами, подводными каменистыми банками. При строительстве был использован один из самых оригинальных технических проектов того времени. Построенный маяк представляет собой круглую бетонную башню с небольшой боковой пристройкой. Высота башни — 31 м, высота огня — 40 м над уровнем моря. В башне семь этажей. Проблесковый осветительный аппарат приводился в движение при помощи часового механизма. В центральной части башни проходила труба, внутри которой был подвешен маятник — гиря весом 270 кг, заводимый каждые три часа для вращения оптической системы









- **23.** Сергей Капица и Аркадий Мигдал на берегу Японского моря (1960 г.)
- 24. Сергей Капица на острове Путятин 25. Главный герой сценария С.П. Карицы
- **25.** Главный герой сценария С.П. Капицы «Тайна острова каланов»
- **26.** Сергей Капица готовится к погружению
- 27. Выбор натуры

### Из книги Сергея Петровича Капицы «Мои воспоминания»

#### Глава «Акваланги и аквалангисты»

(печатается с сокращениями)

Через некоторое время мы узнали, что из лаборатории Г.М. Франка отправляется экспедиция на Дальний Восток, чтобы изучать распространение импульса по нервному волокну кальмара. <...> Мы никогда не видели кальмаров, но заявили, что готовы их добывать для научных целей, и присоседились к этой экспедиции.

В Институте биофизики я обнаружил киноаппарат. Стоит ящик никем не тронутый, а в нем в полном комплекте профессиональный 35-миллиметровый киноаппарат с заводной ручкой, очень простой и надежный, такими снималась кинохроника во время войны. Я спросил, можно ли воспользоваться этим аппаратом, и получил утвердительный ответ. У нас был замечательный механик, Витя Суетин, и он сделал к нему герметический бокс.

...Мы плавали вокруг острова Путятин. Этот остров назван в честь вице-адмирала Путятина, который в середине XIX в. присоединил к российской империи залив Петра Великого и положил начало торговым и дипломатическим отношениям с Японией. Нас было семь человек, и мы провели там полтора месяца. С нами поехала и Таня, но она не плавала, а готовила нам еду.

Мы привезли полторы тысячи метров пленки — это больше двух часов — и проявили их в лабораториях Мосфильма. С помощью студии научно-популярных фильмов мы смонтировали вполне сносный фильм минут на 15, который назвали «Над нами Японское море». Закадровый текст наговорил сам Мигдал, и даже была специально написана музыка. <...>

Мы показали морякам фильм, нас очень хорошо приняли и обещали помощь. И когда мы опять отправились снимать подводное кино, к нам был прикомандирован военный катер.

На этот раз мы поехали на остров Монерон. Этот остров находится в проливе Лаперуза, который отделяет Сахалин от материка. У нас уже был опыт подводных съемок, кроме того, мы обзавелись второй камерой, электрической, с лучшей оптикой. О кальмарах речь больше не шла.

**28.** Кинооператор Сергей Капица за работой **29.** Сергей Капица на острове Монерон

На острове мы прожили 14 дней, засняли жизнь морских животных, видели много интересного. Сам остров совершенно отдельный, автономный, там были лежбища каланов, флора и фауна удивительной красоты. Рыбаки отдавали нам прилов, то, что попадало в их сети кроме рыбы, и мы снимали разных морских гадов. <...>

Как-то по дороге в Корсаков мы высадились на «Камень опасности» посередине пролива Лаперуза между Хоккай-до и Сахалином. Эта небольшая группа скал получила свое название из-за страшной силы течения. Там мы снимали гигантских тюленей, моржей и морских львов.

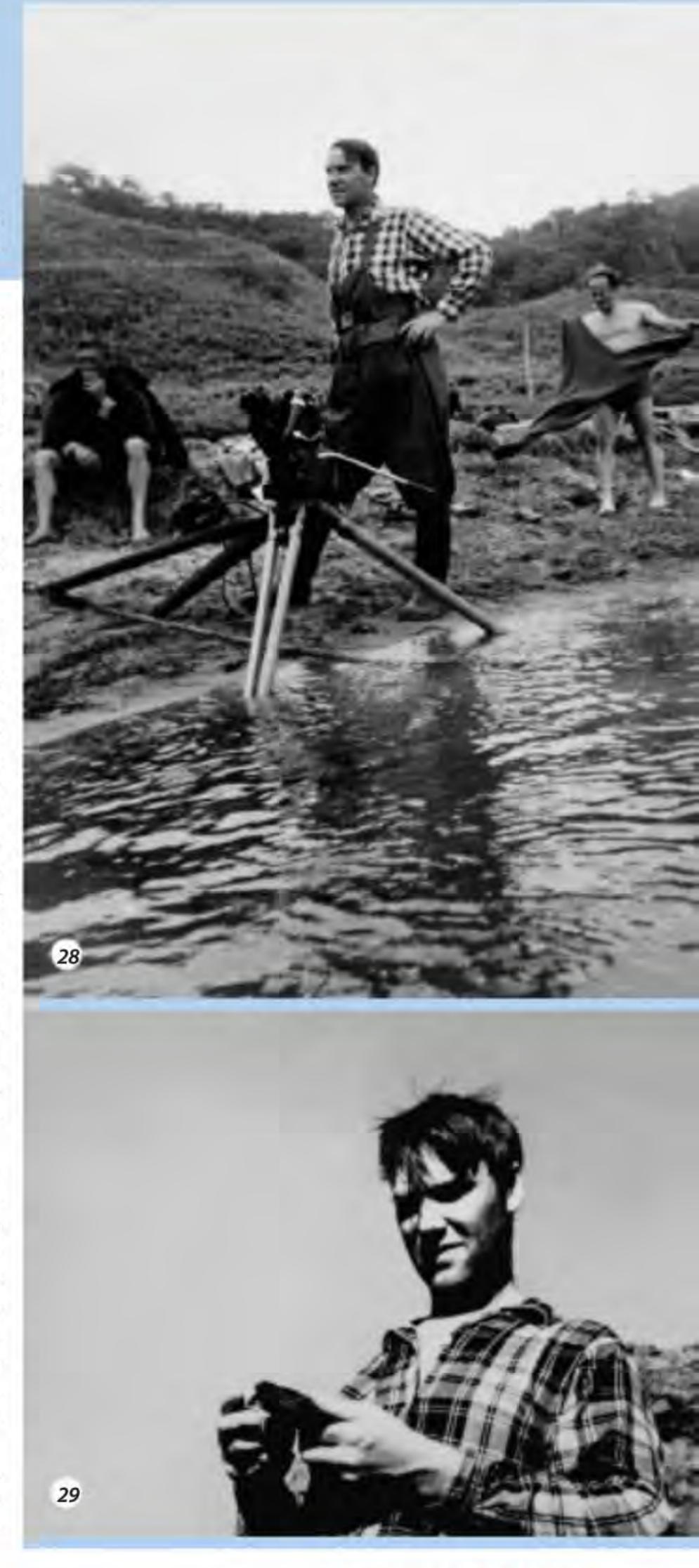
Однажды я вышел на палубу и увидел, что вокруг нашего кораблика из воды высунули свои немножко собачьи морды несколько маленьких тюленей. Усики, ушки на макушке. И очень умные, совершенно интеллигентные глаза внимательно смотрят на корабль. Я спросил боцмана: «Что это они на нас так смотрят?» — «А, — говорит, — это они музыку слушают». Действительно, в это время по громкой связи играла незамысловатая музыка. Боцман пошел в рубку и выключил музыку — зверьки покрутили головами и уплыли. Но стоило ему включить музыку обратно, как они тут же вернулись и снова так же внимательно стали слушать. А мы ищем связи с внеземными цивилизациями! <...>

Мы сняли кино про наши похождения, сделали фильм, который назывался «У скал Монерона», в нем было гораздо больше подводных съемок, чем в первом. И через несколько лет, в 1965 г., с этим фильмом я ездил на фестиваль спортивного кино во Францию: мы считались знатоками подводных съемок, собственно, мы были первыми, кто это сделал в СССР.

На фестивале было совсем не много подводных фильмов, и мы на общем фоне вполне смотрелись. Вне конкуренции, конечно, был Кусто, он забрал все призы, его фильмы — это экстра-класс, который определил развитие всего направления. Но сейчас я понимаю, что некоторые наши кадры были ничуть не хуже. Например, был замечательный эпизод, который снимал Суетин, — «полет осьминога»: расправив тело и вытянув назад свои восемь ног, осьминог несется под водой, как сверхъестественный корабль. А потом приземляется и расправляет щупальца.

Мое увлечение аквалангом продолжалось еще много лет. Я нырял в самых разных точках земного шара и несколько раз оказывался в довольно рискованных ситуациях.

Редакция журнала «В мире науки» выражает особую благодарность за предоставление фотоматериалов участникам экспедиции: члену союза фотохудожников России **Евгению Полонскому**, блогеру **Ниязу Аксанову**,



фотографу **Геку Волынцу**, международному фотографу **Марату Гизатулину**, спецкорреспонденту журнала Starhit **Ольге Плетеневой**, сценаристу **Наталье Поповой**, корреспонденту **Мариам Шиндаулетовой** 



## Ученые Сахалина — участники экспедиции — о последних открытиях и находках



#### Тунгусы или айны?

Олег Юрьевич Дедяхин, старший научный сотрудник Сахалинского областного краеведческого музея:

— Самые древние антропологические находки на островах относятся к периоду раннего Средневековья VII–XIII вв. Те жители Сахалина, Курильских островов и северно-

го Хоккайдо очень напоминали тунгусо-маньчжурские народы Приамурья — нанайцев и ульчей. Под давлением своих соседей, в частности китайцев, они вынуждены были мигрировать с материка и захватывать островные земли. Есть данные, что до них на островах Охотского моря проживали носители арктического монголоидного типа, наиболее близкие эскимосам и чукчам. В XIII в. на смену тунгусо-манчжурам на всей территории Курильских островов приходят с острова Хоккайдо айны — один из древнейших народов Восточной Азии. К XIX в. айны уступают место на архипелаге русским и японцам.

#### Как были завоеваны Курильские острова

Николай Васильевич Вишневский, ведущий советник отдела по связям с Японией комитета междуна-



родных, внешнеэкономических и межрегиональных связей Сахалинской области:

— 25 августа 1945 г. в результате Маньчжурской наступательной операции был взят южный Сахалин. На Курильских островах боевая операция первоначально не планировалась. Против 10 тыс. бойцов, размещавшихся на Камчатке,

стояла армия из 60 тыс. японских солдат с танками и пушками на севере Курильских островов. Сталина подстегивало то, что американцы могли высадиться на Курилах и создать здесь свои военные базы. Поэтому было принято решение о Курильской десантной операции. Она была проведена 18 августа под командованием Алексея Гнечко. Наша армия победила за счет эффекта внезапности. Главный бой проходил на острове Шумшу — самом северном из островов Курильской гряды. Затем вплоть до центрального острова Урупа японцы добровольно складывали оружие перед нашими бойцами. По решению руководства союзнических войск Курилы отошли СССР. СССР претендовал и на северную часть японского острова Хоккайдо. В итоге ограничились только Курильскими островами.

#### «Спасся только тот, кто бежал в гору»

Татьяна Николаевна Ивельская, кандидат физикоматематических наук, начальник Центра цунами, Южно-Сахалинск:



— Наша оперативная круглосуточная служба осуществляет сбор данных по сейсмической опасности, их обработку и принимает решения при угрозе цунами. После сильнейшего индонезийского цунами в 2004 г. в России была проведено переоснащение нашей службы. Сейчас мы можем в реальном времени отслеживать

и землетрясения, и цунами по всей акватории Мирового океана. Предотвратить такие катаклизмы нельзя, к ним надо просто быть готовыми. И не только властям, но каждому отдельно взятому человеку. В Японии, например, во многих населенных пунктах на побережье о. Хонсю установлены памятные камни со словами: «Люди, помните: в этом месте было цунами, и спасся только тот, кто бежал в гору». Мы стараемся чаще напоминать жителям Дальнего Востока о возможных

природных катастрофах. Наиболее опасным районом считаются южные Курилы, далее идут северные Курилы, потом Камчатка.

#### Ночка — место, где много мысов

Игорь Анатольевич Самарин, краевед, археолог, этнограф, советник Агентства по культуре Сахалинской области, специалист по айнской топонимике Курильских островов:



 Основная масса наименований сегодняшних Курильских островов появилась в первые послевоенные годы. Чужеродные для русского слуха названия было необходимо изменить, чтобы облегчить условия жизни советских переселенцев, приехавших осваивать Курильские острова. Пролив Советский, который отделяет

острова малой Курильской гряды от Японии, - единственное политизированное название, появившееся на карте. Все остальные даны самими переселенцами. Например, название реки Ночка на острове Кунашир это русифицированный вариант японского Ноцука, которое произошло от айнского названия Нотука — «место, где много мысов». На острове Итуруп залив Сокия и одноименное селение превратились в более благозвучную для нас Софию. В других случаях названия давались по производственному принципу. Например, поселок Йодный назвали так потому, что там был завод по производству йода. По географическому принципу появился город Южно-Курильск. Сейчас на карте Сахалинской области остается порядка 200 не названных островов. Назвать их все — наша задача.

#### «Здесь не бывает устрашающей зимы»

Елена Александровна Иконникова, профессор кафедры русской и зарубежной литературы Сахалинского государственного университета:



 Одно из первых упоминаний о Курилах мы обнаружили в оде М.В. Ломоносова «На день восшествия на престол ее величества императрицы Елизаветы Петровны», написанной в 1747 г. Это обусловлено его знакомством со Степаном Петровичем Крашенинниковым, который бывал в этих местах. Из личных бесед Ломоносов

и составил свое ощущение островов, «посеянных» в Тихом океане, как он пишет. Это острова, где птицы «пестротою превышают одежду нежныя весны», острова, которые «не знают строгия зимы». После оды Ломоносова в 1755 г. сам Крашенинников напишет труд «Описание земли Камчатки».

Первой обстоятельной книгой о Дальнем Востоке стала книга Василия Михайловича Головнина «Записки о путешествии».

Упоминаются Курильские острова и в книгах русских миссионеров конца XIX — начала XX вв. В это время возникает обостренный интерес к этим местам.

Нельзя не упомянуть имя Антона Павловича Чехова. Несмотря на то что произведение его называется «Остров Сахалин», в нем много информации и о Курильских островах, и о курильских айнах. В конце XIX в. именно «Остров Сахалин» был самой интересной и полной книгой о Дальнем Востоке. В честь великого писателя в Сахалинской области есть поселок Чеховское, пик Чехова и много других мест, названных его именем. Возможно, один из островов будет назван в его честь.

#### Почему мы такие, а не другие

Александра Александровна Крылова, кандидат исторических наук, доцент Сахалинского государственного университета:



 Ни для кого не секрет, что с Сахалинской области начинается Россия. Мы самая восточная область, но основной культурной традиции, которая скрепляет центр нашей страны, на сегодня нет. Нам надо формировать духовную основу, прививать сахалинской молодежи русские традиции. С другой стороны, наша область

многонациональна, здесь много мигрантов, что ставит на одно из первых мест изучение культур других народов. Мы боимся того, чего не понимаем. То, чего мы боимся, вызывает у нас агрессию. Во избежание конфликтов необходимо наладить взаимопонимание в нашей островной области.

Подготовили Ольга Беленицкая и Наталья Веденеева





# APECIAN

## как характеристика общества



Как и почему в обществе возникает агрессия? Какую роль при ее формировании играют воспитание и уровень благосостояния общества? Почему «градус» агрессии растет, и возможно ли с этим бороться? Ведущий специалист в области изучения преступности, российский первопроходец в исследовании психологии агрессии, интолерантности и девиантного поведения Сергей Николаевич Ениколопов считает, что бороться не только можно, но и необходимо

#### Как возникает агрессия

Рост агрессии наблюдается не только у нас в стране, но и по всему миру. Правда, в России он идет более быстрыми темпами и в больших масштабах, чем где бы то ни было. Причин тому много, и все они сегодня исследуются и изучаются специалистами. Если говорить об основной модели, то агрессия — лучший способ реагирования на угрозу физическому, психическому и социальному «я». Часто человек выучивает такую форму поведения как способ решения массы других проблем. Например, он может просто не знать, как иначе привлечь к себе внимание. Агрессия возникает даже тогда, когда мы ее вроде бы не замечаем, не придаем ей должного значения. Например, мальчик бьет по портфелю девочки: со стороны это кажется агрессивным поведением, но на самом деле это попытка обратить на себя ее внимание. Изначально здесь большое значение имеет воспитание. Часто родители наказывают ребенка: у них нет другого способа решения школьных проблем сына. Это не всегда означает, что ребенок воспринимает подобные действия как угрожающие его существованию. В результате мы получаем внушенную ему с детства форму поведения в разных ситуациях. Если принимать во внимание реальную угрозу, то на нее могут быть другие реакции: бегство, атака или просто ступор. Атака — это и есть агрессия, когда по определению наносят вред какому-либо объекту. С развитием культуры мы расширили возможные атакуемые области. Сегодня необязательно уничтожать сам объект, можно уничтожить лишь его символ. Часто агрессия между государствами проявляется именно в таких символических действиях.

Еще Камю в одном из своих произведений говорил: «Нет меня— нет проблем. Мир несовершенен, я приговариваю его к высшей мере»

Уделять внимание непосредственно угрозам очень важно. В современном обществе человек переживает огромное их количество, в том числе и те, с которыми он раньше не сталкивался. Он не знает, как на них реагировать. Но самое главное, что многие виды угроз, которые политологи, социологи, психологи считают достаточно далекими, опосредованными, начинают восприниматься как прямые. Например, глобализация может восприниматься как угроза потери национальной идентичности. Как следствие - потеря идентичности личной. Для человека, позиционировавшего себя всю жизнь как принадлежащего к какому-либо этносу, это страшно. Сюда стоит добавить и постепенную утрату национальных традиций. Есть вещи, которые люди напрямую не переживают, но подсознательно увиденное прокручивается уних в голове. Например, когда на уличных вывесках они видят сплошь иностранные слова, у них возникает ощущение, что им что-то угрожает. В маленьком городе они видят то же самое, что и в мегаполисе. Приезжают в другую страну и замечают там то же, что и в родном городе. Это вопрос общечеловеческого менталитета. Независимо от того, где человек родился, он будет чувствовать одно и то же. Он бессознательно начнет переживать угрозу своему «я» и своей идентичности.

Не менее важный аспект, связанный с причинами возникновения агрессии, — потеря самых разноплановых базовых ориентиров. Это постепенный процесс. Человек не переживает за саму глобализацию или, например, урбанизацию, он пытается понять, как жить в новых условиях. На наших глазах происходит огромное количество изменений в морально-ценностной сфере. Полностью рушится старая система семейных отношений. Люди переезжают в большой город, между родственниками возникает разобщенность. Исчезает «вертикальная» семья, на ее месте появляется «горизонтальная». Все это заставляет человека задуматься о ценностях, не принимая на веру традиции, которые уже не помогают сориентироваться в том, как жить в новом мире. Перед нами — огромное количество возможностей выбора.



#### 🚹 Справка

Сергей Николаевич Ениколопов — кандидат психологических наук. Родился в Ереване. Окончил факультет психологии МГУ. Защитил диссертацию на тему «Агрессия и агрессивность насильственных преступников». С 1971 по 1983 г. работал во Всесоюзном институте по изучению причин и разработке мер борьбы с преступностью Прокуратуры СССР. С 1983 по 1989 г. занимал должность научного сотрудника Института профилактической психиатрии Всесоюзного научного центра психического здоровья Академии медицинских наук СССР. С 1989 по 1998 г. заведовал лабораторией психосоциальных исследований Института профилактической психиатрии Научного центра психического здоровья Российской академии медицинских наук. С 1998 г. по настоящее время — руководитель отдела клинической психологии Научного центра психического здоровья РАМН. С 2006 г. заведующий кафедрой криминальной психологии Московского городского психолого-педагогического университета. Сферы научных интересов: клиническая психология, психосоматика, психология агрессивного поведения, интолерантности, виктимности, психология юмора, девиантное поведение, социология образования, этнопсихология. Автор более 200 научных работ, опубликованных в России и за рубежом.

Кроме того, добавляются и социальные проблемы, появляется целый пласт людей, осознающих, что мир несправедлив, и так же как в XIX в., они готовы бросать бомбы, идти в анархисты и т.д. Урбанизация привела нас не только к изменению семейных ценностей, но и к анонимности. Человек перестает ощущать себя подконтрольным со стороны общества. Зато на смену приходит контроль со стороны государства. Объект агрессии и терроризма, которым ранее был, например, царь, сегодня стал абстрактным, «размытым». Теперь исчез персонифицированный источник зла. Человек, который не может вынести большого количества проблем и не может найти их источник, способен увидеть его в любом другом месте.

Сейчас у нас исчез персонифицированный источник зла. Объект стал «размытым». Человек, который не может вынести большого количества проблем и не может найти их источник, способен увидеть его в любом другом месте

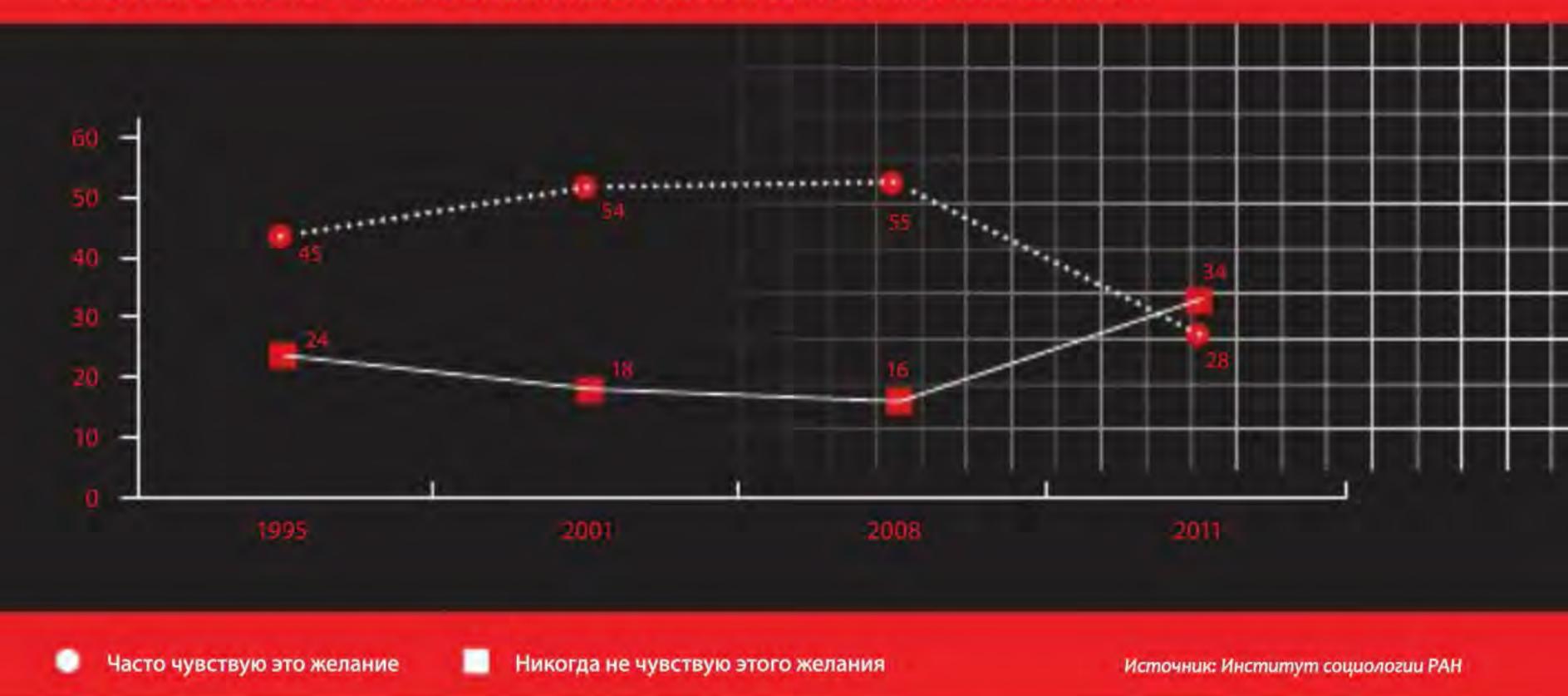
#### Смена ориентиров

Есть другая, не менее важная сторона вопроса. Большая часть людей, несмотря на потерю ориентиров, не становятся убийцами. Что же их удерживает?

Кризисная ситуация у нас в стране спровоцирована еще и тем, что произошла полная потеря идеологических ориентиров. Для большого числа людей не возникло никакой замены коммунистической идеологии. И вот идея, что угроза где-то есть, заставляет человека искать врага либо вовне, либо в самом себе. Об этом говорил еще Камю в одном из своих произведений: «Нет меня — нет проблем. Мир несовершенен, я приговариваю его к высшей мере», т.е. в таком случае объект — конкретный или абстрактный — найден. Он может быть и внутри самого человека. Другая же сторона агрессии — депрессия.

Сегодня достаточно распространено такое понятие, как депрессивный реализм. Оно обозначает психопатологический феномен, когда человек, находящийся на начальной степени депрессии, способен давать довольно объективные оценки или прогнозы. При этом он не переоценивает ни самого себя, ни свои способности. Но он практически перестает радоваться жизни. Неудачно сдал экзамен — у него депрессия, неудачно прошло свидание — опять депрессия. Часто окружающие как бы навязывают такое состояние. И порой мы уже не в силах самостоятельно из него выбраться. Нужна помощь квалифицированного специалиста. Может, в этот момент стоит задуматься, решить определенную личную проблему, и депрессия не будет нарастать подобно снежному кому.

### ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЖЕЛАНИЯ ПЕРЕСТРЕЛЯТЬ ВСЕХ, ИЗ-ЗА КОГО ЖИЗНЬ В СТРАНЕ СТАЛА ТАКОЙ , КАКАЯ ОНА СЕЙЧАС, 1995-2011 ГГ., %



Более всего мы чувствительны к событиям, происходящим в непосредственной близости, но о них нужно уметь рассказывать и грамотно их показывать

Важную роль играет стрессоустойчивость. Устойчивость по отношению ко всем тем неприятностям и неопределенностям, которые нас окружают. Уровень ее понижается. В прежнем мире человек знал, что есть четкие правила, в современном разрыв между ценностями роскошной жизни общества потребителей и их воплощением все увеличивается, и не каждый толерантен по отношению к неопределенности.

#### Возможные решения проблемы

Средства для того, чтобы снизить агрессию, существуют. Это должна быть постепенная и очень разноплановая работа. Мы можем по-разному относиться к тому, как освещаются спортивные достижения. Но на самом деле мы просто не понимаем, что они помогают огромному количеству людей преодолеть чувство неполноценности и страха. Не случайно, когда команда ФРГ в 1954 г. стала чемпионом мира по футболу, в стране был национальный праздник, наблюдался рост патриотизма. Людям казалось, что жизнь опять налаживается. Когда празднуется победа в каком-нибудь матче, огромному

количеству людей это крайне важно. Проблемы, связанные с агрессией, можно решать только поступательно. Телевидение должно умерить стремление показывать насилие в том объеме, в котором оно это делает, и научиться рассказывать о новых терактах. А они будут, их нельзя избежать, так устроен мир. Понятно, что теракт в Бангладеш на нас воздействует меньше, чем в Москве, но он все равно оказывает определенное влияние. Более всего мы чувствительны к событиям, происходящим в непосредственной близости, но о них нужно уметь рассказывать и грамотно их показывать.

Отчего люди так нервничают? Во-первых, они не знают, кто совершил теракт. Потом им сообщают, что это некий «игрек»; как следствие, люди начинают бояться «игреков», что непременно сказывается на их поведении. Полиция в данных обстоятельствах должна работать и выполнять свою работу так, чтобы мы не боялись их больше, чем террористов. Когда нам говорится о какихто семейных проблемах, то тоже нужно понимать, что семья может воспроизводить насилие и на это нужно обратить внимание.

#### Помощь науки

Сегодня в области изучения агрессии в Центре психического здоровья в Москве ведется много различных исследований. Раньше у нас был только один термин «агрессия», считалось, что человек с высоким уровнем агрессии, не реализующейся по каким-то причинам, будет страдать психосоматическими заболеваниями. Сегодня, с ростом когнитивных наук, мы стали различать агрессию как поведенческую характеристику и враждебность как когнитивную структуру. Последние

#### Агрессия для больного человека показатель неблагополучия, нестабильности «я»-концепции

исследования специалистов Центра психического здоровья показывают, что при многих заболеваниях, как психосоматических (сахарный диабет, бронхиальная астма), так и психических (шизофрения, маниакально-депрессивный психоз), враждебность играет очень важную роль. У таких людей она сильно превышает нормальный уровень. Однако чем дольше протекает болезнь, тем менее агрессивным становится больной. Агрессия для него - показатель неблагополучия, нестабильности «я»-концепции. Поясним на более простом примере. Человеку в переполненном автобусе необязательно чувствовать, что кто-то ему угрожает, никто из пассажиров ничего плохого не делает, но его агрессия при этом растет. Растет до определенного времени, после которого он, свыкнувшись с положением, постепенно начинает успокаиваться. То же самое при болезни: высокая температура, все раздражает, но проходит несколько дней, температура еще не спала, но уже становится легче — человек более или менее привыкает к своему состоянию. Инициальная стадия болезни всегда вызывает агрессию или хотя бы раздражение, это происходит при психических и психосоматических заболеваниях.

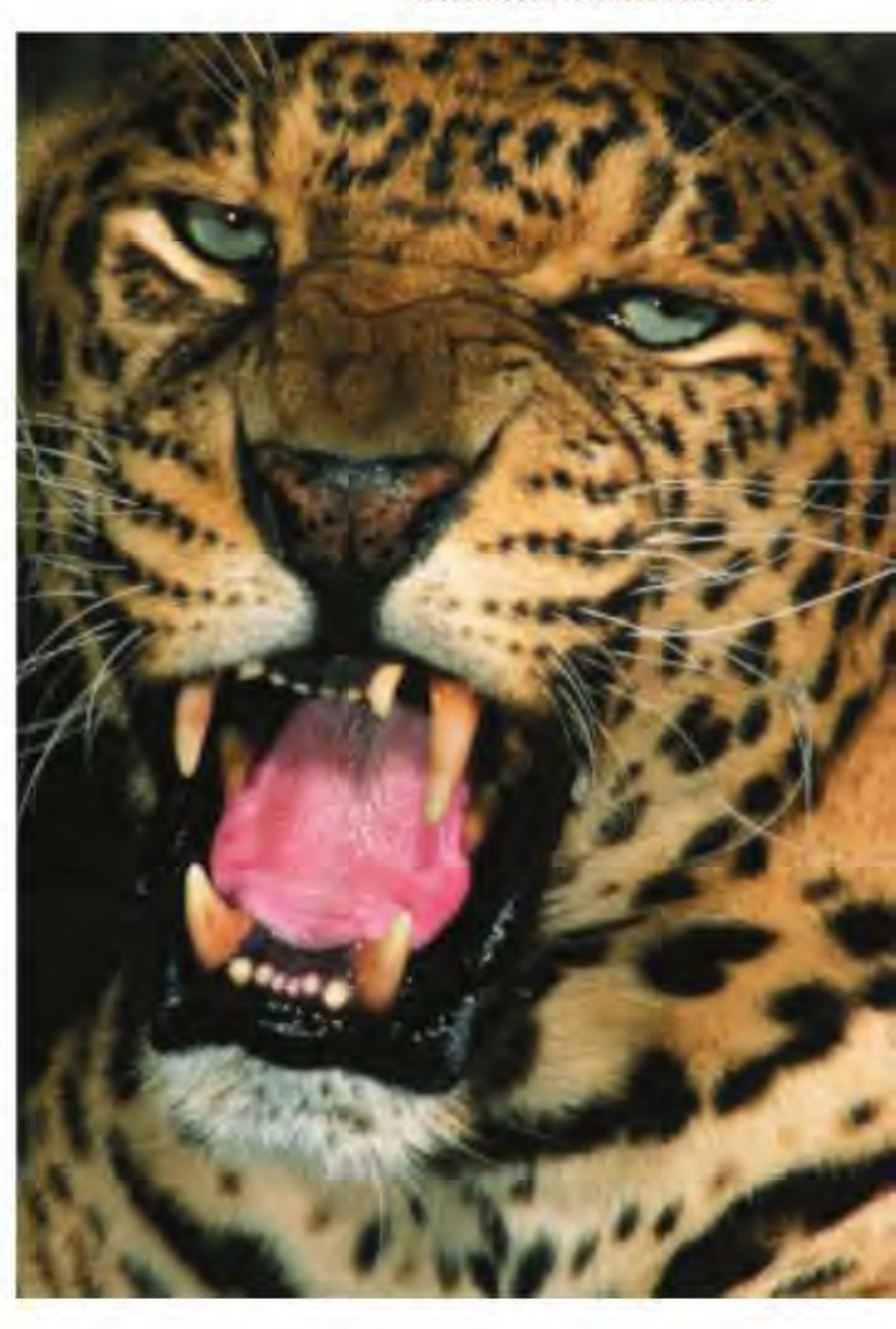
Сейчас данным направлением занимаются и в США, но они больше внимания уделяют больным с сердечнососудистыми заболеваниями и заболеваниями желудочно-кишечного тракта, т.е. психосоматикой. Клиническая психология — активное направление науки во всем мире. Когнитивные науки и «примитивная» составляющая психики очень популярны. У нас подобные исследования ведутся только в Центре психического здоровья. Это важно не только для физического и психического здоровья, но и для изучения роли враждебности в генезе преступного, девиантного поведения, когда мир воспринимается таким, что его хочется и можно уничтожать. Мы провели исследования больных бронхиальной астмой, шизофренией и некоторыми другими психическими заболеваниями. Если мы теперь, получив результаты наших новых клинических исследований, поработаем с когнитивными схемами, подобные отклонения будут происходить гораздо реже.

Это прикладной результат исследования. Сегодня мы должны разрабатывать психотерапевтические программы, программы психологической помощи людям с высоким уровнем агрессивности. Научиться делать так, чтобы они не видели все враждебным и угрожающим. Есть эксперименты, которые показывают, что люди с высоким уровнем враждебности видят больше угрожающих стимулов при любой картине, в любой ситуации. И чем их больше, тем больше вероятности атаки и агрессии. Уменьшить количество воспринимаемых стимулов, сделать человека более реалистичным — вот первейшая задача нашего центра. Пока мы только изменили цели

нашей работы. Раньше мы канализировали агрессию через различные символические и социально приемлемые формы, сейчас пытаемся изменить восприятие, оценку, переработку информации с тем, чтобы минимизировать негативные последствия.

Агрессия по определению не может полностью исчезнуть из общества. Это одна из его характеристик. Ее полное отсутствие было бы столь же симптоматично, как и превышение допустимого уровня. Поэтому идеальная ситуация — это некое сбалансированное состояние. У человека, осознавшего свою проблему, непремено должна быть возможность обратиться к специалисту. Причем очень важно, чтобы у нуждающегося в помощи был достаточно конкретный запрос или хотя бы осознание того, что ему нужна сторонняя помощь. Это уже шаг к решению психологической проблемы. Перед нами стоит задача не только лечить больных людей, но и формировать во всем обществе в целом определенные понятийные базы, представления о том, что такого рода помощь тоже возможна.

Подготовил Алексей Устинов



#### Калеб Шарф

## ИНОГДА ЧЕРНАЯ ДЫРА ВОЗВРАЩАЕТСЯ

Ненасытное чудовище, сидящее в центре нашей Галактики, способно повлиять не только на пригодность Земли для жизни людей, но даже и на само существование нашей планеты

уществование человечества в этом месте Вселенной, в микроскопическом уголке обжитого людьми космоса, скоротечно. С полнейшим пренебрежением к нашим желаниям и нуждам природа разыгрывает собственные грандиозные спектакли на таких необъятных масштабах пространства и времени, которые наш разум не может постичь. Быть может, все, что нам остается, - это наблюдать за окружающим миром и, пользуясь своей способностью задавать бесконечные вопросы и отыскивать ответы, удивляться, почему мы очутились именно здесь и сейчас на эволюционном пути нашей Вселенной. Один из интереснейших вопросов - насколько глубоко уникальность нашего существования связана с процессами звездообразования, с формированием галактик и черных дыр.

Большое количество космических феноменов могут потенциально влиять на существование жизни, но одни из них важнее других. Черные дыры принадлежат именно к более важным, благодаря своей уникальной природе. Нет других объектов во Вселенной, так же эффективно превращающих материю в энергию. Ничто во Вселенной не действует как гигантская вращающаяся электрическая батарея, способная выталкивать вещество со скоростью, близкой к световой, на десятки тысяч световых лет. Черные дыры способны захватывать в ловушку вещество, находящееся рядом, как никакой другой объект; они — своего рода «вселенские едоки». И будучи таковыми, они часто заглатывают вещество, не разжевывая, вместо того чтобы неспешно его дегустировать.

Вещество падает в черную дыру постепенно. Оно движется с огромными скоростями, приближаясь к горизонту событий, закручиваясь спиралью в гиперскоростные петли, если черная дыра вращается. Сгустки вещества взаимодействуют друг с другом, создается напряжение, достаточное для огромных выбросов кинетической



энергии, преобразованной в движение атомных и субатомных частиц и электромагнитного излучения. Эти частицы формируются до достижения горизонта частиц и потому могут уходить обратно. Грубая аналогия такого процесса — слив воды в раковине. Когда жидкость, вращаясь, приближается к стоку, ее кинетическая энергия частично преобразуется в звуковые волны, вода взаимодействует с молекулами воздуха. Звуковые волны движутся быстрее, чем вода, и потому уходят от стока. В случае черной дыры энергия, выбрасываемая во время процесса аккреции вещества, может производить различные эффекты в окружающей галактике.

Когда астрономы говорят о том, что вещество поглощается черной дырой, они подразумевают некоторые эпизодические события, «рабочий цикл», подобный вращению белья в стиральной машине. Черная дыра как бы пульсирует, она то поглощает вещество, то остается в покое. Так, черная дыра, расположенная в центре нашей Галактики, сейчас находится в спокойном состоянии, но она, подобно всем черным дырам, может «включаться» время от времени. Интересно понять взаимосвязь этих циклов с общим потоком вещества в нашей Галактике, а также влияние этой черной дыры на способность Солнечной системы поддерживать условия, пригодные для жизни людей.

#### За работой

Результат астрономических обзоров показал, что рабочий цикл черной дыры связан, как это ни удивительно, с динамикой звезд в галактике, в центральной области которой эта черная дыра расположена. Те же процессы, что отправляют вещество в черную дыру, таким образом запуская ее рабочий цикл, влияют и на звезды, заполняющие галактику. Энергия, которая исходит от сияющей черной дыры в пике ее рабочего цикла, может, со своей стороны, обогащать звездное население галактики и способствовать новому звездообразованию. Такая взаимосвязь очень важна для понимания природы галактики. Звезды в галактике могут быть красноватыми, желтоватыми и голубоватыми. Голубые звезды обычно более массивны. Время их жизни невелико, их внутреннее топливо сгорает за несколько миллионов лет. Это означает, что если вы обнаруживаете голубую звезду на ночном небе, то вы видите молодую звездную систему и указания на скорое рождение и гибель звезды.

#### ОБ АВТОРЕ

**Калеб Шарф** (Caleb Scharf) — директор отдела астробиологии в Колумбийском университете.



Астрономы заключили, что если оценить количество всего испущенного какой-нибудь галактикой света, то ее цвет окажется промежуточным между красноватым и голубоватым. Если галактика красная (находящаяся в «красной последовательности» на эволюционной диаграмме), то она скорее всего эллиптическая, а голубая (находящаяся в «голубом облаке» на эволюционной диаграмме) — спиральная. Между этими двумя цветами находится переходная область, когда система как целое становится более красной, ее молодые голубые звезды постепенно умирают. Без капли иронии некоторые астрономы называют этот период «зеленой долиной».

За прошедшие миллиарды лет существовали самые большие спиральные галактики на указанном этапе эволюции, которые обладали самыми длительными рабочими циклами находящихся в их центре черных дыр. «Зеленая долина» — это дом для наиболее регулярно растущих гигантских черных дыр в современной Вселенной. Такие галактики весят 100 млрд солнечных масс. Одна из десяти подобных галактик содержит черную дыру, активно поглощающую вещество, их рабочий цикл отличается регулярностью.

Связь физических механизмов, общих для галактик «зеленой долины», и активности черных дыр в их центрах остается загадочной. Это промежуточная зона в эволюционном пути галактик, и большинство наблюдаемых галактик находятся либо еще в голубом облаке, либо уже в красной последовательности. Звездная система, находящаяся на этапе «зеленой долины», претерпевает изменения. Известно, что сверхмассивные черные дыры могут быть значимы и в других ситуациях, например в галактических скоплениях или молодых больших галактиках. Быть может, их активность и ведет галактики в стадию «зеленой долины». Возможно, что те же обстоятельства, которые служат причиной изменения галактики, поставляют вещество в центральную черную дыру.

#### A

#### основные положения

- Сверхмассивные черные дыры, обладающие массой в несколько миллионов солнечных и расположенные в центрах галактик, включая и наш Млечный Путь, не простые пожиратели вещества, как это принято считать. Они способны как излучать огромное количество энергии, так и пожирать вещество в своем ближайшем окружении.
- Режим «кормления» черной дыры может оказывать неожиданное влияние на всю содержащую ее галактику в целом.
   Слишком сильная, как и слишком слабая активность черной дыры приводят к тому, что образование звезд, пригодных для формирования вблизи них систем с подходящими условиями для жизни, становится редким.
- Наша галактика Млечный Путь содержит в своем центре такую черную дыру, которая благоприятствует процессу звездообразования.
- Связь между черными дырами и возникновением жизни достаточно сложна, но черная дыра в нашей Галактике оказала очень большое влияние на возможность нашего существования.

Изучая другие ближайшие к нам спиральные галактики, мы не находим в них следов того, что черные дыры откачивают большую часть энергии, которая влияла на эти системы на расстояниях в тысячи световых лет. В некоторых случаях мощное ультрафиолетовое и рентгеновское излучение от вещества, падающего на черную дыру, может создавать области активного истечения нагретого газа из системы. Эти потоки движутся через зоны звездообразования галактики подобно тому, как движется теплый атмосферный фронт над поверхностью Земли. Точный механизм того, как эти потоки влияют на звездообразование, неизвестен, но известно, что они обладают большой энергией. Захват крупной галактикой карликовой галактики побуждает вещество двигаться по направлению к черной дыре. Это подобно тому, как ворошат угли, чтобы раздуть костер. Собственная гравитация и давление поглощаемой карликовой галактики влияют на процесс звездообразования в большой галактике. Изучение таких процессов помогает хотя бы отчасти понять, почему активность сверхмассивных черных дыр коррелирует с возрастом (а следовательно, и с цветом) звезд вокруг нее.

Важно отметить, что недавно астрономы обнаружили, что наша Галактика как раз находится на эволюционной стадии «зеленой долины». Этот факт означает, что сверхмассивная черная дыра, расположенная в центре нашей Галактики, может обладать быстрым рабочим циклом, что неожиданно, поскольку она не выглядит активной согласно наблюдениям. Она проявляет себя только по характерным искривлениям орбит звезд в центральной области Галактики. И по этим данным можно оценить ее массу всего в 4 млн солнечных. Согласно нашим предыдущим рассуждениям, эта черная дыра должна быть активной.

Среди всех мест во всех галактиках во всей Вселенной человечество выбрало для своего обитания именно такое место. Однако никто не мог знать заранее, что наша Галактика дала убежище прожорливой черной дыре. Впрочем, быть может, между такими объектами и возникновением жизни есть взаимосвязь.

Действительно, оказывается что ситуация кардинально изменилась совсем недавно. Мы наблюдаем рентгеновское излучение, исходящее от межзвездных облаков газа, которые расположены на расстоянии 300 световых лет от галактического центра. Это означает, что вблизи галактического центра 300 лет назад было выброшено рентгеновское излучение в миллион раз больше, чем сейчас. В 2010 г. небольшая группа из Гарвардского университета объявила о том, что тусклая, но обширная область, видимая в гамма-излучении, движется из внутренних областей галактики. Она рассредоточена по пространству и имеет вид пары пузырей, каждый размером около 25 тыс. световых лет. Подсвеченные фотонами гамма-излучения, эти пузыри могут быть результатом активности центральной черной дыры, произошедшей 100 тыс. лет назад.

Если Млечный Путь подчиняется тем же законам, что и наблюдаемые нами десятки тысяч галактик, то наша галактика должна содержать регулярную в смысле своей активности черную дыру, пусть она даже и не самую большую и прожорливую. И в любой момент мы можем ожидать вспышки ее гравитационной активности.

#### Быстро, но не бурно

Несомненно, наша галактика Млечный Путь и сверхмассивная черная дыра в ее центре — особенные, потому что именно в нашей Галактике зародилась разумная жизнь. Это то, что ученые и философы называют антропным принципом. Слово «антропный» — греческого происхождения, оно означает принадлежность к человеку, к его деятельности. Антропный принцип задается вопросом, специально ли Вселенная устроена таким образом, чтобы в ней смогла зародиться жизнь. Так, если только несколько фундаментальных законов физики (или физических констант) были бы хоть немного иными, то жизнь не смогла бы образоваться. Мы не знаем, почему физические параметры именно такие, какие они есть. Возникает вопрос: почему наша Вселенная приспособлена к возникновению жизни? Разве это не невероятная случайность?

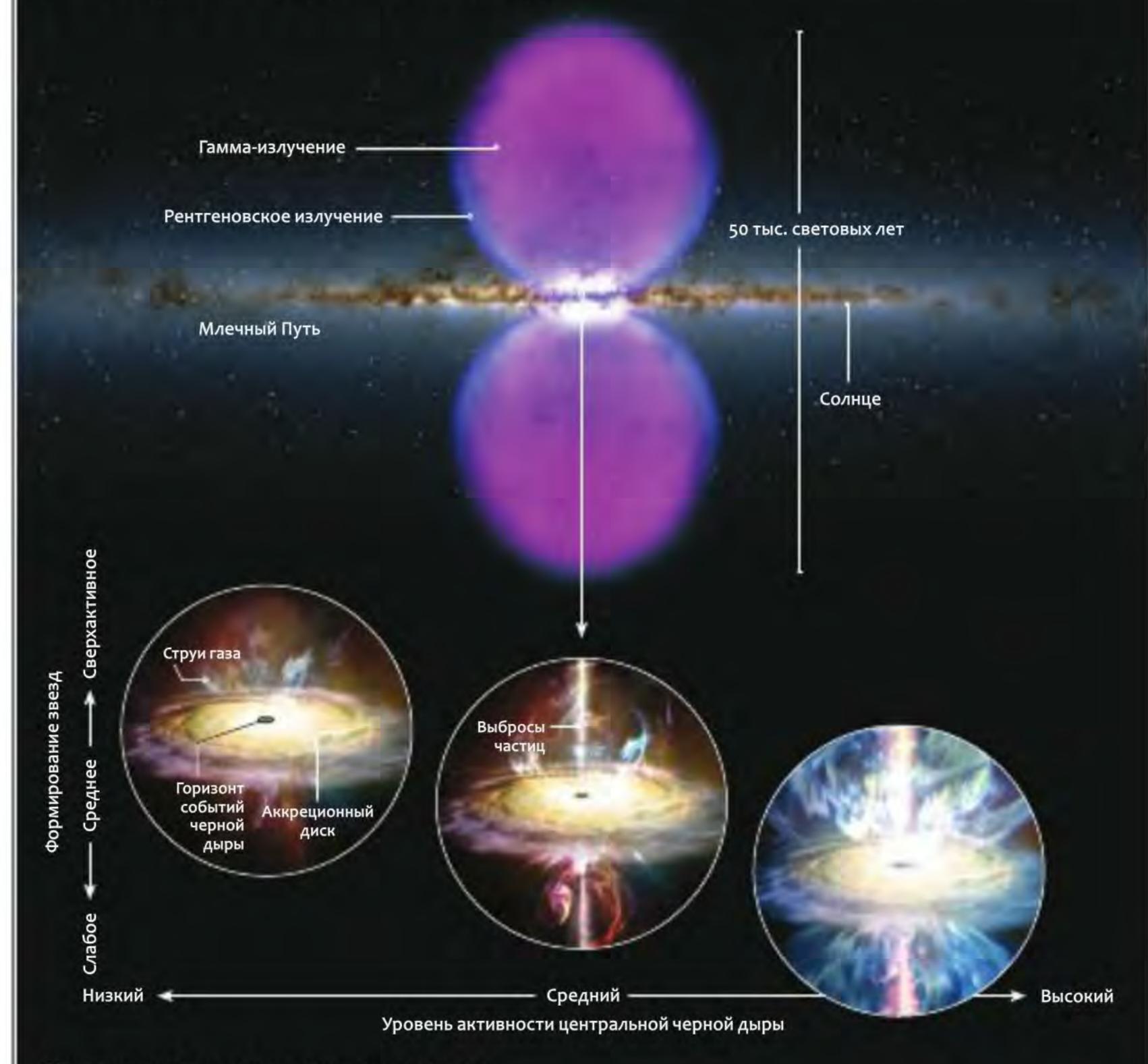
Подобно многим ученым, автор этой статьи не удовольствовался такой постановкой вопроса. Надо попытаться

# Вполне можно ожидать, что сверхмассивная черная дыра в центре нашей Галактики в любой момент может стать активной

окончательно преодолеть старое заблуждение о том, что мы — в некотором смысле «центр всего». Подобно тому как когда-то Коперник провозгласил, что мы не представляем собою центра нашей Солнечной системы, мы и не центр Вселенной. Более того, согласно современной космологической модели. Вселенная вообще не имеет центра. Однако на некоторые вопросы, задаваемые исходя из антропного принципа, ответить по-прежнему трудно. Вопрос о нашей исключительности может быть решен в рамках концепции множественности миров или множественности реальностей. Например, если наша Вселенная — одна из очень многих в многомерном пространстве, то нет ничего удивительного в нашем существовании: просто мы существуем в том мире, в котором один из наборов условий этому способствует. Это как остров с подходящим климатом.

Подобные рассуждения заставляют нас задуматься: а каковы вообще должны быть условия во Вселенной, чтобы в ней смогла зародиться жизнь? Наличие сверхмассивной дыры в центре нашей Галактики наводит на мысль о связи Солнечной системы и циклической активности этого объекта. Действительно, первый приходящий в голову вопрос — испытала ли Солнечная система влияние черной дыры примерно 25 тыс. лет назад?

в относительно недалеком прошлом — в процессе поглощения черной дырой вещества часть последнего не попала в нее, но была отброшена в виде потоков заряженных частиц и излучения, обладающего высокой энергией. К счастью, по всей видимости, этот страшный катаклизм не был направлен непосредственно в сторону Солнечной системы, расположенной на окраине Млечного Пути.



#### Не слишком жарко и не слишком холодно

Большая часть выброшенной энергии, образовавшейся в результате аккреции вещества на черную дыру, будет подавлять процессы звездообразования в Галактике. Без такого регулирующего оттока энергии Галактика оказалась бы переполненной молодыми и взрывающимися звездами (рис. слева). Гиперактивная черная дыра (рис. справа), в противоположность предыдущей ситуации, может сильно затормозить процесс звездообразования, лишив межзвездное окружение тяжелых элементов (железа, кремния, кислорода), необходимых для дальнейшей эволюции звезд и образования планет. Существующая в центре нашей Галактики черная дыра не слишком больших размеров позволяет поддерживать баланс между указанными двумя крайностями (рис. в центре).

Могло ли влияние черной дыры повлиять на развитие жизни? Когда черная дыра, расположенная в центре Млечного Пути, находится в «рабочем состоянии», поглощая и выталкивая вещество, то все эти процессы не предполагают, что черная дыра будет казаться нам невообразимо яркой. Огромные области, излучающие в гамма-диапазоне, свидетельствуют об энергетической активности центральных областей нашей Галактики, но не напрямую относительно Солнечной системы. События в центре Галактики, которые могут оказать на нас влияние, должны были произойти в далеком прошлом — быть может, даже раньше, чем образовалась наша Солнечная система (около 4,5 млрд лет назад). Таким образом, наш «центральный монстр» может оказывать преимущественно только очень слабое воздействие на Солнечную систему и другие подобные ей периферийные области нашей Галактики.

С точки зрения существования жизни это хорошие новости, потому что в противном случае планеты, подобные Земле, могли бы оказаться задетыми в случае резкого роста окружающего межзвездного излучения в форме быстро движущихся частиц и фотонов высоких энергий. Излучение могло бы быть вредным не только для органических молекул и составленных из них сложных организмов, но даже и для химического состава атмосферы и океанических вод. Если бы мы жили ближе к центру нашей Галактики, то подобная опасность стала бы для нас гораздо реальнее. И тот факт, что мы обитаем именно на периферии, может оказаться не случайным. Может оказаться также не случайным и то, что мы живем именно в этот период развития нашей Галактики.

Наша Галактика, подобно многим другим, эволюционирует совместно со своей центральной сверхмассивной черной дырой. Более того, мы можем изучать, как именно черная дыра влияет на жизнь в Солнечной системе, а также какова роль этого объекта как индикатора текущего эволюционного состояния нашей Галактики. Наблюдаемая астрономами связь между сверхмассивными черными дырами и их галактиками, находящимися на различных этапах своего развития, дает нам хороший статистический материал для представления об эволюции единичной галактики.

Активные квазары ранней Вселенной, расположенные в центрах огромных эллиптических галактик, часто располагаются в системе галактических кластеров. Сейчас звезды в таких галактиках стары и в них мало межзвездного газа для запуска механизмов звездообразования.

Другие эллиптические галактики сформировались позднее, при процессах объединения галактик. Звездообразование в них постепенно угасло, и сверхмассивные черные дыры могли служить регуляторами этого процесса. В эволюции спиральных галактик тоже прослеживается связь с центральным массивным телом. В обоих случаях масса центральной черной дыры составляет примерно 0,0001 от массы окружающих ее звезд. Наш спутник галактика Андромеда — одна из таких систем, и ее балдж скрывает в своем центре черную дыру в 20 раз большую, чем наша.

Центральные черные дыры в галактиках, не обладающих балджем, как многие спиральные, еще меньше. Так, хотя наша Галактика и очень велика, одна из самых больших в наблюдаемой Вселенной, ее центральная черная дыра совсем небольшая. Отсутствие во многих галактиках объемлющего звездного балджа — загадка для астрономов. Либо галактика каким-то образом потеряла свое вещество, либо черная дыра никогда не была активна по-настоящему, либо небольшие галактики и облака вещества падали в данную систему. Невероятно большое количество карликовых галактик, можно сказать, попадают в «отдел черных дыр». Дело в том, что настоящие карликовые галактики во всем многообразии галактик представляют собой довольно жалкое зрелище. Они часто состоят всего из нескольких десятков миллионов звезд или выказывают присутствие газа или пыли, из которых позже образуются звезды. Таким образом, они очень тусклы, как будто кто-то забыл включить свет в месте их расположения.

Наша Галактика все еще производит звезды со скоростью примерно три солнечные массы в год. По шкале продолжительности одной человеческой жизни это совсем не много, но если рассуждать обо всем периоде эволюции человека, то за это время родилось по крайней мере 10 млн новых звезд

Наша Галактика все еще производит звезды со скоростью примерно три солнечные массы в год. По шкале продолжительности одной человеческой жизни это совсем не много, но если рассуждать обо всем периоде эволюции человека, то за это время родилось по крайней мере 10 млн новых звезд. Это весьма немало для Вселенной, возраст которой порядка 14 млрд лет. Гигантские галактики в молодой Вселенной с пылающими ядрамиквазарами в их центрах в каком-то смысле давно сгорели. Выбросы энергии из их центральных областей препятствуют возникновению новых звезд, так же как и охлаждению вещества для образования звездных систем. Но наша Галактика все еще движется по своему эволюционному пути.

#### Совершенна для жизни

Мы живем в большой спиральной галактике с небольшим балджем и небольшой черной дырой в центре.

Быть может, это и есть условия, наиболее благоприятствующие жизни, поскольку не расходовалась энергия на «строительство» огромной черной дыры и на борьбу с последствиями ее жизнедеятельности. В галактиках, подобных нашей, продолжают формироваться новые звезды, но с различными энергетическими характеристиками. Большинство новых звезд возникают в ветвях спиральных рукавов, в ударных волнах газа и пыли. Звезды также формируются и вдали от галактического центра. По мнению астрономов, мы живем в области слабого звездообразования. Образование очень активных звезд сильно «загрязняет» окружающее пространство. Массивные звезды быстро сгорают за счет своего ядерного топлива, порождая гигантские вспышки сверхновых. Планетарные атмосферы могут оказаться просто оторванными или насыщенными радиацией. Быстро движущиеся частицы высоких энергий и гамма-лучи могут основательно испортить атмосферу планеты. Даже излучение незримых нейтрино, образующихся в результате

Вся цепь событий, ведущая в конечном итоге к зарождению жизни и человечества, была бы иной или ее даже и вовсе бы могло не быть без совместной эволюции галактик со сверхмассивными черными дырами и их точнейшим регулированием

коллапсов звезд, достаточно интенсивно для того, чтобы нарушить биологический баланс на планете. Немного ближе к сверхновой — и планетная система просто перестанет существовать.

В недрах звезд рождаются тяжелые элементы, которые распространяются повсюду и служат рождению других звезд и планетных систем. Это планеты, состоящие из сложной химической смеси углеводородов и воды, многослойных и динамически развивающихся за счет содержащихся в них радиоактивных изотопов, обладающих предысторией в миллиарды лет. Таким образом, в благоприятной среде, где-то между областями формирования и взрыва новых звезд и местами затухания и гибели старых звезд и находятся звезды, подобные нашему Солнцу и обладающие планетными системами. Это достаточно далеко от галактического центра, но и не близко к областям активного звездообразования.

Связь феномена жизни с параметрами сверхмассивной черной дыры оказывается довольно простой. В галактиках, содержащих сверхмассивные черные дыры средних размеров и регулярной динамики, с большей вероятностью образуются умеренные и спокойные области, чем в галактиках, содержащих гигантские сверхмассивные черные дыры. Тот факт, что на космологических интервалах времени во Вселенной существуют какие-либо галактики, подобные нашему Млечному Пути, сильно связан с двумя противоположными процессами: гравитационной агломерацией вещества и выделением разрушительной энергии в процессе аккреции вещества на центральную сверхмассивную черную дыру.

Если активность черной дыры будет слишком большой, то замедлится процесс звездообразования, следовательно, процесс образования тяжелых элементов постигнет такая же участь. Если, напротив, активность черной дыры будет слишком малой, то все окружение будет переполнено молодыми и взрывающимися звездами, тоже малопригодными для формирования долгоживущих тяжелых элементов. Таким образом, изменение описанного баланса сильно влияет на дальнейшую эволюцию звезд в галактике.

Вся цепь событий, ведущая в конечном итоге к зарождению жизни и человечества, была бы иной или ее даже и вовсе бы могло не быть без совместной эволюции галактик со сверхмассивными черными дырами и их точнейшим регулированием. Общее количество звезд во Вселенной может быть разным. Количество маломассивных и сверхмассивных звезд тоже может быть различным, как и формы галактик. Кроме того, могут различаться расположение газа, пыли, химические элементы. Там будут места, никогда не опаляемые интенсивным синхротронным излучением сверхмассивной черной дыры. Там будут другие области, в которых никогда не зародились бы ни звезды, ни планеты. Наш плодородный уголок космоса регулируется всеми процессами, что когдалибо происходили в его окрестностях, а также поведением центральной сверхмассивной черной дыры. Мы очень многим им обязаны.

Перевод: О.С. Сажина

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Новиков И.Д., Фролов В.П. Черные дыры во Вселенной // Успехи физических наук, 2001. Т. 131. № 3. С. 307-324.
- Черепащук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино: Век-2, 2003.
- Ефремов Ю.Н. Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
- Торн К. Черные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 2009.
- Линде А.Д. Инфляция, квантовая космология и антропный принцип: http://www.astronet.ru/db/msg/1181211



# ОТКРЫТЫЕ ИНОВАЦИИ

### впервые в Москве

31 ОКТЯБРЯ - 3 НОЯБРЯ 2012 ЭКСПОЦЕНТР, КРАСНОПРЕСНЕНСКАЯ НАБ., 14

WWW.FORINNOVATIONS.ORG

Организаторы форума











Стратегический партнер Генеральный спонсор

Официальные спонсоры

Специальный

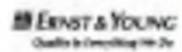
Официальная площадка форума













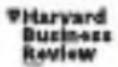
Информационные партнеры форума













Джозеф Двайер и Дэвид Смит

## CMEPTOHOCHIE MYYIN M3 05/MAKOB

Атмосфера Земли — одна из самых удивительных областей окружающего нашу планету пространства. Обычные грозы отправляют в космос мощные вспышки гамма- и рентгеновского излучения, испуская потоки элементарных частиц и даже антиматерии

#### ОБ АВТОРАХ

**Джозеф Двайер** (Joseph R. Dwyer) — астрофизик; после переезда в центр Флориды, средоточие грозовых явлений в США, стал заниматься молниями. Сегодня он профессор Флоридского технологического института.

**Дэвид Смит** (David M. Smith) — физик, адъюнкт-профессор Калифорнийского университета в Санта-Крузе. Занимается изучением грозовых разрядов, радиационных поясов Земли и вспышек на Солнце, проводит наблюдения за рентгеновским и гамма-излучением черных дыр.



1991 г., вскоре после того как с космического челнока Atlantis была запущена на орбиту новая космическая обсерватория, Джеральд Фишман (Gerald Fishman) из Центра управления космическими полетами NASA им. Маршалла увидел, что происходит нечто странное. Гаммаобсерватория им. Комптона, измеряющая мощность излучения космических источников гамма-лучей, таких как нейтронные звезды и остатки сверхновых, начала регистрировать яркие миллисекундные всплески гамма-излучения, идущего не из космического пространства, а со стороны Земли.

Астрофизикам уже известно, что необычные явления наподобие вспышек на Солнце, черных дыр и взрывающихся звезд ускоряют движение электронов и других частиц до сверхвысоких энергий и что эти частицы могут испускать гамма-лучи — фотоны самой высокой энергии. Следует отметить, что в астрофизических явлениях частицы ускоряются, почти не испытывая сопротивления в среде, близкой к вакууму. Почему тогда в земной атмосфере, которая никоим образом не представляет собой вакуум, элементарные частицы могут вести себя точно так же?

Основываясь на первоначальных данных, мы и другие специалисты считали, что эти вспышки так называемого атмосферного гамма-излучения происходят на высоте в 64 км над облаками, но сейчас мы определили, что они вызываются электрическими разрядами внутри обыкновенных грозовых облаков гораздо ниже. Между тем все более хитроумные теории, призванные объяснить природу необычного гамма-излучения, отчаянно пытались добиться соответствия с новыми наблюдениями: в экспериментах снова и снова регистрировались энергии, образование которых в атмосфере прежде считалось невозможным. Неожиданно здесь объявилось даже антивещество.

Спустя 21 год ученые получили представление о том, что могло вызвать эти атмосферные вспышки гамма-лучей, хотя пока не полное. Необходимость срочной разгадки этой захватывающей головоломки связана и с возможным влиянием вспышек гамма-излучения на здоровье человека: если самолет летит слишком близко к их источникам, гамма-лучи могут таить опасность лучевого поражения для находящихся в нем людей.

#### Одним выстрелом двух зайцев?

Сначала ученые задались вопросом, имеют ли гамма-лучи отношение к другому атмосферному чуду, открытому несколькими годами раньше. На снимках, полученных с фотокамер, наведенных на пространство выше грозовых облаков, в 80 км над поверхностью планеты, видны яркие короткие вспышки красного цвета. Распластавшись в ширину на несколько километров, они напоминают гигантских медуз. Эти грандиозные электрические

#### 0

#### основные положения

- Грозовые облака испускают гамма-лучи в виде мощных миллисекундных импульсов, называемых вспышками земного гамма-излучения, которые были открыты с помощью космических обсерваторий.
- В процессе этих вспышек могут возникнуть потоки электронов и даже антивещества, способные пройти пол-оборота вокруг нашей планеты.
- Все предложенные объяснения этих явлений сводятся к образованию сильных электрических полей, вызывающих лавины электронов внутри облаков, но ни одно не дает полной ясности в отношении энергии гамма-лучей.
- Новые специально разработанные космические зонды и научно-исследовательские лаборатории на борту самолетов, возможно, позволят дать ответ на эту загадку, а также выяснить, насколько эти вспышки представляют опасность радиационного облучения для авиапассажиров.

разряды получили причудливое название «спрайты» (от англ. sprite — «привидение, призрак»). Поскольку они образуются почти на краю атмосферы, представлялось вероятным, что именно они служат источником гамма-излучения, регистрируемого космическим зондом.

Вскоре физики-теоретики предприняли первую попытку объяснить, каким образом в спрайтах могут генерироваться летящие в космос гамма-лучи. Считалось, что спрайты — это побочный эффект обычных молний, рождающихся в облаках гораздо ниже. Молния представляет собой проводящий электричество канал, на время открывающийся в атмосфере, которая в обычном состоянии — диэлектрик.

Молния переносит электроны между разными областями атмосферы или между атмосферой и Землей. Она возникает в результате неоднородного распределения электростатического заряда и образования электрических полей, разность потенциалов в которых может превышать 100 млн В.

Неистовый прорыв электронов частично восстанавливает электростатическое равновесие. Разряд внутри облака зачастую вызывает перемещение поля в другую область, включая поверхность Земли, что в дальнейшем может привести к образованию молнии, идущей снизу вверх, или же в район нижней границы ионосферы, где в результате может сформироваться спрайт.

Александр Гуревич из Физического института РАН им. П.Н. Лебедева в Москве вместе со своими сотрудниками вычислил, что такие вторичные электрические поля вблизи ионосферы способны вызвать лавинный разряд электронов высокой энергии, которые, столкнувшись с атомами, испускают фотоны высокой энергии: рентгеновские и даже обладающие еще более высокой энергией гамма-лучи — вдобавок к красному свечению спрайтов.

Механизм действия основывался на положении, предложенном лауреатом Нобелевской премии, шотландским ученым Чарлзом Вильсоном (Charles Thomson Rees Wilson) еще в 20-х гг. XX в. При низких энергиях свободные электроны в электрическом поле ведут себя подобно подвыпившим морякам, отскакивая от молекулы к молекуле и теряя при каждом столкновении часть своей энергии. Однако при высоких энергиях электроны движутся по спрямленной линии, получая под действием электрического поля большую энергию, чем они теряют при столкновениях, поэтому столкновения начинают меньше влиять на характер движения электронов, и чем дальше, тем больше усиливается этот процесс. Подобный эффект противоречит нашей повседневной практике, когда чем быстрее мы движемся, тем больше сила аэродинамического сопротивления, что может засвидетельствовать любой велосипедист.

Эти «убегающие» электроны, вероятно, ускоряются почти до скорости света и пролетают до того, как остановиться, несколько километров, а не несколько метров, которые электрон обычно пробегает в воздухе. Группа Гуревича сделала вывод, что когда убежавший электрон в итоге наталкивается на молекулу газа в воздухе,

то он может выбить другой электрон, и тот тоже может убежать. В результате возникает процесс, схожий с цепной реакцией: лавина электронов высокой энергии, экспоненциально нарастая с расстоянием, может распространиться на всем протяжении электрического поля. Гуревич и его сотрудники вычислили, что в результате лавинного эффекта мощность рентгеновского и гаммаизлучения может возрасти на несколько порядков.

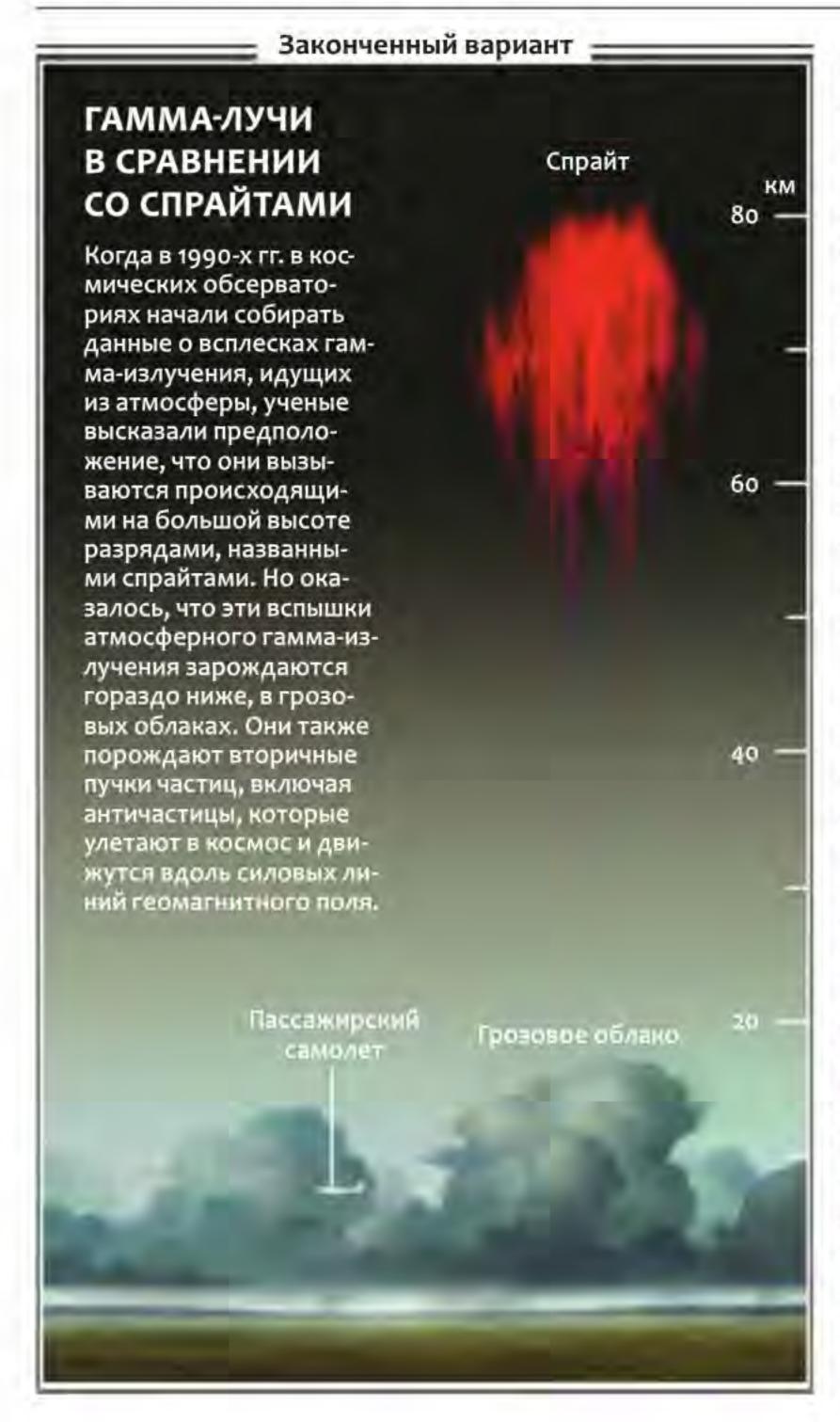
Какое-то время картина выглядела очень убедительной, поскольку позволяла объяснить два различных атмосферных явления: вспышки гамма-излучения и спрайты. Как мы увидим, действительность оказалась еще более сложной.

#### Непричастность спрайтов

В течение нескольких лет, начиная с 1996 г., были разработаны все более точные теоретические модели спрайтов, в основе которых была идея о лавине убегающих электронов, генерирующих гамма-лучи. Одним из доказательств такой модели послужил энергетический спектр гамма-излучения. Поскольку гамма-лучи высокой энергии способны проходить сквозь атмосферу дальше, чем лучи низкой энергии, то они в большем количестве достигают космического пространства. Сосчитав, сколько фотонов гамма-излучения разных уровней энергии долетают до космического аппарата, ученые могут оценить высоту источника излучения. Первые исследования энергии спектра гамма-излучения, зарегистрированного в ССВО, показали, что источник должен быть на очень большой высоте, что указывало на спрайты.

В 2003 г. ситуация приняла неожиданный оборот. Работая в лаборатории по исследованию молний во Флориде и замеряя на Земле рентгеновское излучение молний, инициированных запуском ракет, один из авторов этой статьи, Джозеф Двайер, и его сотрудники засекли мощный всплеск гамма-излучения, идущий из грозового облака прямо над их головой и осветивший всю местность вокруг (см.: Двайер Д. Гром среди ясного неба // ВМН, № 8, 2005). На приборах этот всплеск выглядел в точности так же, как от вспышек гамма-излучения в земной атмосфере, которые, как считалось, происходят гораздо выше: излучение было такой же энергии и такой же продолжительности — около 0,3 миллисекунд. Подобная схожесть давала основания полагать, что вероятно, удары молний внутри грозовых облаков и есть непосредственный источник гамма-излучения, достигавшего CGRO, но в то же время идея эта казалась немного безумной: чтобы излучение такой мощности вышло за пределы атмосферы. вспышка должна была быть невероятно яркой.

Тем не менее вскоре новые исследования опровергли мнимую связь между спрайтами и гамма-излучением. В 2002 г. NASA запустило солнечный спектральный телескоп высокоэнергичного излучения им. Рамати (RHESSI), чтобы исследовать гамма- и рентгеновское излучение Солнца. Но большие германиевые детекторы RHESSI отлично подходили и для измерения гамма-излучения, идущего со стороны атмосферы Земли, хотя когда обсерватория была направлена на Солнце,



излучение должно было приходить с тыльной стороны космического аппарата. Один из авторов этой статьи, Дэвид Смит, астрофизик и специалист в области физики Солнца, был в группе, занимающейся обработкой данных с RHESSI и привлек к работе Лилиану Лопес (Liliana Lopez), в то время студентку Калифорнийского университета в Беркли, просмотреть многолетние данные, непрерывно передаваемые RHESSI, в поисках свидетельств гамма-излучения, идущего со стороны Земли. На тот момент вспышки атмосферного гамма-излучения считались очень редким явлением. К всеобщему удивлению, Лопес нашла настоящий клад: на RHESSI такая вспышка фиксировалась каждые несколько дней, то есть в десять раз чаще, чем на CGRO.

RHESSI измерял энергии фотонов гамма-излучения каждой вспышки гораздо точнее, чем CGRO. Их спектр выглядел в точности таким, какого можно было ожидать от убегающих электронов. Сравнивая его с моделируемыми аналогами, мы сделали заключение, что низм, смоделированный Гуревичем и его группой, хотя гамма-лучи прошли сквозь большой слой воздуха, т.е. зародились приблизительно на высоте 14-21 км, что

соответствует верхним слоям грозовых облаков, но значительно ниже высоты возникновения спрайтов (80 км).

Дальнейшие независимые подтверждения образования гамма-излучения на небольшой высоте и отсутствия какой-либо связи со спрайтами не заставили себя ждать. Стивен Каммер (Steven Cummer) из Университета Дьюка, проводивший радиоизмерения грозовых разрядов одновременно с их регистрацией на RHESSI, обнаружил, что эти вспышки молний были слишком слабы, чтобы образовать спрайты. Кроме того, карты мировых вспышек гамма-излучения, созданные по данным RHESSI, очень похожи на карты обычных грозовых разрядов, которые сосредоточены в тропиках, и отличаются от карты спрайтов, которые чаще происходят на более высоких широтах, как, например, над Великими равнинами в США.

Единственный оставшийся довод в пользу спрайтов как источников гамма-излучения заключался в том, что полученный CGRO энергетический спектр скорее указывал, что источник располагается на большой высоте, и это лучше согласовывалось со спрайтами, а не с грозовыми облаками. Многие из нас склонялись к тому, что возможны оба типа вспышек гамма-излучения, как на малых, так и больших высотах. Но окончательный удар по идее о зарождении гамма-излучения в спрайтах был нанесен, когда мы поняли, что вспышки гамма-излучения в атмосфере гораздо ярче, чем считалось ранее. И в самом деле, работая в 2008 г. с Брайаном Грефенстеттом (Brian Grefenstette), в то время студентомстаршекурсником, мы выяснили, что они столь яркие, что частично ослепляли CGRO и было невозможно измерить их интенсивность. (Подобное происходило и в случае RHESSI, но только в меньшей степени.) Когда в 2010 г. исследователи из Бергенского университета в Норвегии провели повторный анализ данных, они обнаружили, что если принять во внимание насыщение фотоприемника, то результаты полностью соответствуют расположению источников на небольшой высоте.

Менее чем через два года предполагаемая высота рождения вспышек гамма-излучения была снижена до 48 км. В научном мире очень редко случается столь быстрое изменение парадигмы. Это парадоксально, если учитывать, что только десять лет назад, когда мы начинали исследования в данной области, спрайты считались единственным ярким примером источников высокоэнергичного излучения в нашей атмосфере. Сегодня, согласно общему мнению, низкая энергия излучения фантомов дает основания полагать, что они все же не имеют никакого отношения к вспышкам гамма-излучения.

#### Как создать антиматерию

Если не спрайты, то что вызывает вспышки гамма-излучения? И включает ли все-таки этот процесс лавины убегающих электронов? Как оказалось, лавинный мехаи дает слишком большие мощности, чтобы иметь отношение к фантомам, все же недостаточно энергичен, чтобы образовать источники излучения столь большой светимости, какие были зарегистрированы RHESSI или обнаружены в результате повторного анализа данных с CGRO. По расчетам Двайера, однако, при сверхмощном лавинном разряде может выделиться энергия в триллион раз большая, чем представлялось ранее, и это может произойти внутри грозового облака. Поразительно, но такой механизм предполагает и образование достаточно большого количества антивещества.

Если электрическое поле внутри грозового облака достаточно сильное, то убегающие электроны, исходя из того, что они каким-то образом образуются, смогли бы разогнаться почти до скорости света и, столкнувшись с атомными ядрами молекул воздуха, вызвать гамма-излучение. В свою очередь, фотоны гамма-излучения при взаимодействии с ядрами атомов могли бы рождать пары частиц-близнецов: электронов и позитронов. Эти позитроны тоже стали бы убегать, набирая энергию под действием электрического поля. Но если электроны движутся по полю вверх, то позитроны, имеющие противоположный заряд, будут двигаться вниз. Когда позитроны достигнут области поля с нижним потенциалом, они столкнутся с атомами воздуха и выбьют новые электроны, которые в свою очередь убегут наверх.

Таким образом, движущиеся кверху электроны будут создавать спускающиеся позитроны, которые, в свою очередь, создадут новые летящие вверх электроны, и т.д. Поскольку одна лавина порождает другие, то грозовой разряд быстро распространится на большой площади грозового облака, достигая нескольких километров в ширину. Численные значения интенсивности, продолжительности и энергетического спектра гамма-излучения, рассчитанные на основе этой модели, известной как модель электрического разряда с релятивистской обратной связью, прекрасно согласуются с данными, полученными с обсерваторий ССВО и RHESSI.

Положительную обратную связь из-за образования позитронов можно сравнить с явлением, наблюдаемым, когда, поднося микрофон близко к динамику акустической системы, мы слышим из него раздражающий визг. Конечно, если бы мы захотели как следует пошуметь, с таким же успехом можно было бы просто крикнуть в микрофон. Эта логическая связь легла в основу другого возможного объяснения, хотя и не подтвержденного полностью с математической точностью: вспышки гамма-излучения — это аналоги рентгеновских вспышек, излучаемых молнией, но только более высокой энергии. В течение нескольких лет научные сотрудники Флоридского технологического института, Флоридского университета и Горно-технологического института Нью-Мексико измеряли рентгеновское излучение как от молнии, инициированной взлетающей ракетой, так и от обычной молнии, бьющей в землю. Съемка грозы, проведенная во Флориде с помощью высокоскоростной рентгеновской камеры, показала, что, когда молния бьет из облака в землю, излучение идет от головы образующегося канала разряда. Большинство ученых полагают, что рентгеновские лучи излучают убегающие электроны, ускоренные сильными электрическими полями во фронте грозового разряда. Вероятно, молния внутри грозовой тучи порождает эти убегающие электроны более эффективно. Если эта идея верна, то вспышки, наблюдаемые космическим зондом на расстоянии в сотни километров, — это, возможно, рентгеновские лучи, образовавшиеся при разряде молнии, такие же как те, что регистрируются в нескольких сотнях метров от молнии наземными детекторами, но только гораздо большей мощности. И механизм генерации излучения такой мощности пока не ясен.

#### Как гром среди ясного неба

К концу 2005 г. мы были уверены, что большинство вспышек атмосферного гамма-излучения происходили внутри или около верхних слоев грозовых туч, независимо от того, вызваны ли они рождением антивещества или просто мощными ударами молнии. Однако не успели мы еще свыкнуться с этой новой парадигмой,

В прошлом году на телескопе Ферми было сделано потрясающее открытие: значительная часть кругосветных потоков лучей состоит из позитронов. Таким образом получается, что атмосферные возмущения могут испускать в космос не только электроны и гамма-лучи, но и частицы антивещества

оказалось, что-то снова ставит под вопрос наше понимание процессов, идущих во время грозы: одним из событий, зафиксированных зондом RHESSI, был хлопок в центре Сахары — солнечным днем, когда на небе не было ни одной грозовой тучи.

Мы со студентами не один месяц бились над разгадкой. Оказалось, что грозовые облака в тот день образовались, но не в месте слежения космической станции. Грозы прошли в нескольких тысячах километров к югу, за линией горизонта вне видимости *RHESSI*. Их гаммаизлучение, как и свет, распространяется вдоль прямой и не смогло бы достичь зонда.

Напротив, заряженные частицы, как, например, электроны, обычно движутся по траекториям, идущим по тугой спирали вокруг силовых линий магнитного поля Земли. Грозы происходили точно на другом конце магнитной линии, проходящей через космическую станцию. Электроны, достигшие очень большой высоты,

#### Возможные объяснения ЧТО ВЫЗЫВАЕТ ВСПЫШКИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ? обратной связи (слева), часть гамма-лучей генерируют новое Ученые согласны с тем, что атмосферное гамма-излучение, вещество, пары частиц, состоящие из одного электрона и одвероятно, включает каскады электронов, которые, однажного позитрона, т.е. античастицы электрона. Поскольку поды оторвавшись от атомов, разгоняются почти до скорости света в условиях интенсивного электрического поля внутри зитроны имеют заряд, противоположный электронам, они грозовых облаков. Когда такие электроны наталкиваются должны лететь вниз и вызвать новые каскады электронов. Согласно гипотезе грозового лидера (справа), мощный разряд на ядро атома в молекулах воздуха, образуются гамма-фотоны. Чтобы объяснить энергию фотонов, которая сопостамолнии будет испускать новые каскады электронов по мере вима с той, что возникает при взрыве звезды, надо ввести доего подъема от нижних слоев грозового облака к верхним. полнительный механизм. Согласно гипотезе релятивистской Гамма-лучи Пара электрон позитрон Убегающие электроны Позитроны Механизм релятивистской обратной связи Механизм лидера молнии

могли облететь по кругу нашу планету и с размаху удариться в детекторы *RHESSI*, при этом испуская гаммалучи. Однако казалось невероятным, что электроны, испущенные внутри грозового облака, могли пройти сквозь атмосферу многие километры до космических высот, где оседлали магнитные линии. Эти новые наблюдения, казалось, снова возвращали нас к поискам источника на большой высоте.

Более того, в прошлом году космический гамма-телескоп им. Ферми зафиксировал еще несколько таких обогнувших Землю пучков, что позволило сделать потрясающее открытие: значительная доля подобных пучков состоит из позитронов. Таким образом получается, что атмосферные возмущения могут испускать в космос не только электроны и гамма-лучи, но и частицы антивещества. Оглядываясь назад, можно отметить, что с учетом высокой энергии гамма-лучей мы должны были бы ожидать появления этих позитронов. Открытия, сделанные с помощью телескопа Ферми, были удивительны еще и потому, что так необычно наблюдать антиматерию в природе.

Объяснение эпизода над Сахарой, как уже вскоре стало понятно нашей группе, состояло в том, что гамма-излучение пришло не с больших высот, а образовалось непосредственно в грозовых облаках, причем в гораздо большем объеме, чем считалось возможным ранее.

Часть фотонов гамма-излучения, направлявшегося в космос, на высоте более 40 км сталкивалась с молекулами воздуха, при этом образовывались электрон-позитронные пары, которые затем отправлялись в кругосвет-

В следующие несколько лет силами США, европейских стран и России планируется провести первый космический полет с целью исследования земного гамма-излучения

Удивительно, но до настоящего времени ученые все еще до конца не понимают не только как возникают вспышки гаммаизлучения в грозовых облаках, но даже как образуются самые обычные молнии

ное путешествие вдоль линий магнитного поля. В следующий раз когда вы увидите высоко в небе грозовую тучу, вспомните, что она может выстрелить в космос частицами высокой энергии, которые можно обнаружить на другой стороне планеты.

#### Новые загадки

Обнаружение позитронов - не последнее событие, поразившее нас. Позднее, в 2011 г., по данным, полученным с орбитальной обсерватории AGILE Итальянского космического агентства, было выявлено, что энергетический спектр атмосферных вспышек гамма- излучения достигает 100 МэВ, что было бы удивительно даже в случае вспышки на Солнце. Если это верно, то тень сомнения падает на наши модели, поскольку представляется совершенно невероятным, что механизм убегающих электронов мог продуцировать такие энергии. И на самом деле не вполне ясно, что могло вызвать ускорение электронов до столь высоких энергий внутри грозовых облаков. В настоящее время, чтобы помочь направить теоретические исследования в нужное русло, требуются дополнительные наблюдения. К счастью, в следующие несколько лет силами США, европейских стран и России планируется запустить первые космические зонды, предназначенные исключительно для исследования атмосферного гамма-излучения.

Тем временем, чтобы приблизиться к цели, мы с коллегами сконструировали прибор, предназначенный для измерения гамма-излучения внутри грозовых облаков. Из-за опасения получить большую дозу гамма-излучения, мы не летали прямо в грозовые облака. Но во время одного из первых испытательных полетов, в котором принимал участие и Двайер, самолет по невнимательности пилота сделал неверный поворот. Чувство ужаса быстро было вытеснено бурей восторга, когда внезапно наши датчики засияли огнями. Последующий анализ показал, что в этой грозовой туче убегающие электроны разгонялись именно так, как и ожидалось для образования вспышек гамма-излучения. К счастью, уровень излучения оставался низким и не произошел его взрывной рост до величины, заметной из космоса. По результатам этих полетов мы сделали вывод, что чаще всего грозовые облака дают относительно безопасное продолжительное свечение гамма-лучей.

Тем не менее предварительные расчеты показывают, что если самолету случится попасть под прямой удар электронов высокой энергии гамма-лучей внутри грозового облака, то пассажиры и члены экипажа могут, ничего не ощущая, за долю секунды получить такую же дозу радиации, какую в естественных условиях они получают за всю свою жизнь. Хорошая новость заключается в том, что нам нет необходимости предупреждать пилотов и советовать, чтобы они держались в стороне от грозы, ибо они так и делают: грозовые тучи сами по себе очень опасны независимо от того, есть там гамма-лучи или нет.

В известном смысле наше исследование вспышек земного гамма-излучения завершает работу Бенджамина Франклина, который якобы запустил воздушного змея в грозу, чтобы посмотреть, может ли он проводить электричество, и таким образом показать, что молния представляет собой электрический разряд. Удивительно, но два с половиной века спустя ученые все еще до конца не понимают не только как возникают вспышки гаммаизлучения в грозовых облаках, но даже как образуются самые обычные молнии. Мы оба посвятили значительную часть своей профессиональной карьеры изучению экзотических объектов, расположенных далеко от нашей Солнечной системы, но вернулись на Землю, соблазнившись перспективой этих исследований. Даже Франклин не мог себе представить, что грозы могут быть так интересны.

Перевод: В.И. Сидорова

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Discovery of Intense Gamma Ray Flashes of Atmospheric Origin. G.J. Fishman et al. in Science, Vol. 264, pages 1313–1316; May 27, 1994.
- Runaway Breakdown and the Mysteries of Lightning. Alexander V. Gurevich and Kirill P. Zybin in Physics Today, Vol. 58, No. 5, pages 37–43; May 2005.
- Source Mechanisms of Terrestrial Gamma-Ray Flashes. J.R. Dwyer in Journal of Geophysical Research, Vol. 113, Article No. D10103; May 20, 2008.
- Electron-Positron Beams from Terrestrial Lightning Observed with Fermi GBM. Michael S. Briggs et al. in Geophysical Research Letters, Vol. 38, Article No. L02808; January 20, 2011.
- Куцык И.М., Бабич Л.П., Донской Е.Н. Самоподдерживающиеся лавины релятивистских убегающих электронов в поперечном поле лидера молнии как источник атмосферных вспышек гамма-излучения // Письма в ЖЭТФ, 25.10.2011, т. 94, вып. 8, стр. 647–650.
- Видеоматериалы об образовании вспышек гамма-излучения в грозовых облаках см. по адресу: ScientificAmerican.com/aug2012/bursts

#### Кент Берридж и Мортен Крингельбах

# Счастливый МОЗЗ

Недавно учеными были получены многообещающие сведения о механизмах возникновения в мозге чувства удовольствия. Возможно, это приведет к появлению нового лекарства от депрессии и пагубных зависимостей, а возможно — и к появлению новой науки о счастье

50-х гг. ХХ в. психиатр Роберт Хит (Robert Heath) из Университета Тулейна начал скандально известную исследовательскую программу по хирургической имплантации электродов в мозг пациентов психиатрических клиник, страдающих эпилепсией, шизофренией, депрессией и другими серьезными неврологическими и психическими заболеваниями. Его первоначальными целями были локализация в мозге очагов, связанных с данными расстройствами, и, возможно, лечение больных с помощью искусственной стимуляции этих участков.

По мнению Хита результаты оказались поразительными. Пациенты, которые были практически неподвижными из-за охватившей их безысходности, начали улыбаться, говорить и даже смеяться. Но улучшение оказалось временным, и после прекращения стимуляции симптомы возвращались.

Чтобы усилить потенциальный терапевтический эффект, Хит снабдил небольшую группу пациентов кнопками, благодаря которым они могли стимулировать свой мозг электрическими разрядами в любой момент, когда у них появится в этом потребность. И некоторые из испытуемых ощущали необходимость в самостимуляции слишком часто. Пациент под номером В-19, 24-летний гомосексуалист, которого Хит пытался излечить от депрессии (а заодно и от его влечения к мужчинам), во время курса, состоящего из нескольких отдельных трехчасовых

сессий, нажимал кнопку около 1,5 тыс. раз. По мнению Хита, эта навязчивая самостимуляция давала юноше ощущение эйфории и ошеломляющего восторга. Конец каждой сессии вызывал у него энергичные протесты.

Данные эксперименты позволили выявить в мозге ряд структур, которые стали известны как центры удовольствия. Они породили также стремление (и в науке, и в популярной культуре) выяснить, каковы биологические основы удовольствия. В последующие 30 лет нейробиологи идентифицировали вещества, на которые реагировали (и которые синтезировали) выявленные Хитом зоны мозга, распространяя, как считалось, волны наслаждения. И люди начали воображать дивный новый мир, в котором активация этих центров будет вводить человека в состояние бесконечного блаженства.

Увы, обнаружение в мозге гипотетических центров удовольствия не привело к какому бы то ни было успеху в лечении психических заболеваний. Напротив, оно скорее ввело ученых в заблуждение, будто они понимают, как возникает и за счет чего реализуется в мозге чувство наслаждения. Недавние исследования как на грызунах, так и на людях свидетельствуют, что активация этих структур электрическими импульсами или химическими веществами вообще не приводит к появлению чувства удовольствия. Она может лишь усилить имеющиеся желания и в результате вызвать маниакальное стремление к самостимуляции.



#### ОБ АВТОРАХ

**Кент Берридж** (Kent C. Berridge) — профессор психологии и нейронаук в Университете Мичигана.

Мортен Крингельбах (Morten L. Kringelbach) — директор исследовательской группы Hedonia: TrygFonden при Оксфордском университете и Орхусском университете в Дании; сотрудничает с журналом Scientific American в качестве научного консультанта.





С помощью современных методов молекулярной биологии в сочетании с новыми технологиями стимуляции глубоких зон мозга в ряде лабораторий заново изучили схему формирования чувства удовольствия. Мы обнаружили, что системы мозга, отвечающие за наслаждение, устроены намного сложнее и гораздо более специализированы, чем считалось ранее. Теперь мы надеемся, выявив истинные нейрологические основы удовольствия, проложить путь к более целенаправленному и эффективному лечению депрессии, зависимостей и других нарушений работы мозга. Кроме того, возможно, когда-нибудь мы сможем узнать, каковы истоки человеческого счастья.

#### Обманчивые электроды

Удовольствие, будь то дрожь наслаждения или теплая волна радости, — это совершенно эфемерная вещь, которую можно ощутить только после того, как будут удовлетворены все основные потребности. Жизнью управляют чувства, и чувство удовольствия подпитывает и поддерживает интерес животных к тем вещам, которые обеспечивают им выживание. Еда, секс, а в некоторых случаях и социальные взаимодействия вызывают приятные ощущения и служат естественным положительным подкреплением как для животных, так и для человека.

Первых заметных успехов в изучении биологических основ удовольствия ученые добились около 60 лет назад, проведя оригинальное исследование с использованием так называемых «электродов удовольствия». Джеймс Олдс (James Olds) и Питер Милнер (Peter Milner) из Университета Макгилла попытались выяснить, электростимуляция каких участков мозга влияет на поведение животных. Более ранние исследования, проведенные

в Йельском университете, когда крысам в мозг вводились электроды, выявили область, стимуляция которой заставляла животное избегать того действия, которое совпадало по времени со стимуляцией. А Олдс и Милнер поставили перед собой задачу найти другие зоны, которые напротив заставляли бы грызунов предпринимать активные действия по воспроизведению своего поведения, как всегда делают животные, получив ощутимое положительное подкрепление.

Помещая электроды в разные зоны мозга (иногда не совсем туда, где они должны были бы быть размещены), ученые неожиданно обнаружили участок, умеренная электрическая стимуляция которого, по их мнению, вызывала у животных опьяняющее наслаждение. Крысы беспрестанно возвращались в тот угол большой клетки, в котором получали подкрепление слабым электрическим разрядом. Пользуясь этим методом, Олдс и Милнер обнаружили, что могут заставить животное сделать все что угодно. В некоторых экспериментах грызуны выбирали стимуляцию, отказываясь от еды. Если исследователи нажимали на кнопку, когда животные были на полпути к выходу из лабиринта, где их ждала вкусная зерновая смесь, то крысы просто останавливались и стояли на этом месте, даже не пытаясь добраться до лакомства.

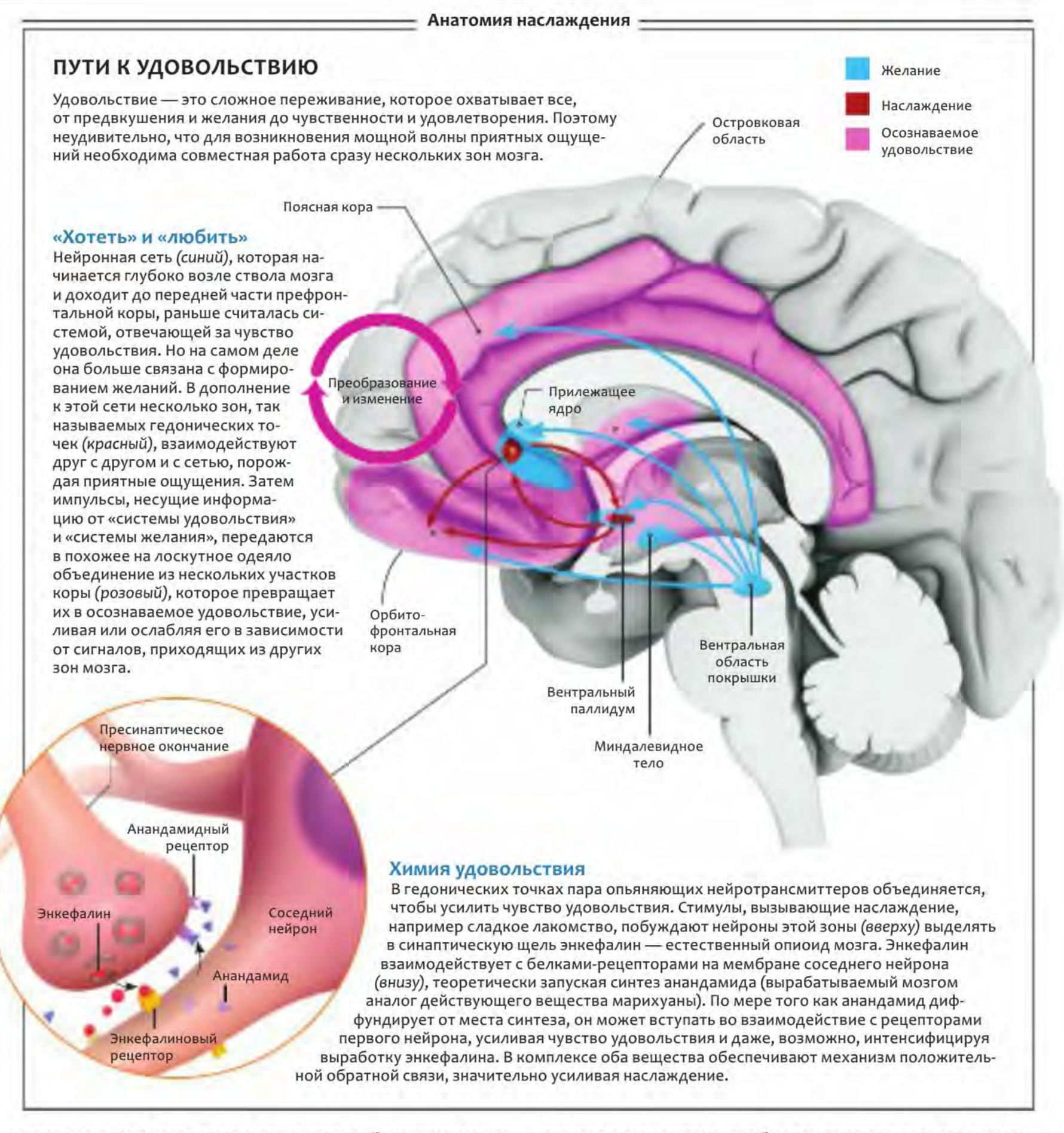
Что еще более удивительно: если электроды подключались к педали, с помощью которой крысы могли самостоятельно посылать импульсы в мозг, то, как обнаружили Олдс и Милнер, они делали это с одержимостью; некоторые животные нажимали на педаль более тысячи раз за час. А когда электричество отключали, грызуны еще какое-то время продолжали жать на кнопку.

Результаты привели Олдса и Милнера к следующему выводу: «Вероятно, мы обнаружили в мозге зону, характерная функция которой — обеспечение положительного

#### A

#### основные положения

- Недавние исследования выявили зоны мозга, стимуляция которых усиливает чувство удовольствия.
- Эти зоны функционируют отдельно от системы, которая обеспечивает чувство положительного подкрепления и ранее считалась местом возникновения приятных ощущений. По современным представлениям, данная система контролирует возникновение скорее желания, чем наслаждения.
- Высшие структуры мозга получают информацию как от «системы удовольствия», так и от «системы награды» и вносят свои коррективы, дозируя наслаждение в соответствии с состоянием субъекта.
- Рассогласование в работе двух систем может лежать в основе болезненной зависимости, а изучение этого процесса, возможно, приведет к разработке новых способов лечения.



подкрепления поведения животного». За этими участками (включая прилежащее ядро, которое примыкает к основанию переднего мозга, и поясную кору, которая формирует кольцо вокруг сплетения нервных волокон, связывающих правое и левое полушарие) закрепилась слава биологического субстрата, на котором реализуется в мозге схема подкрепления.

Практически сразу другие исследователи воспроизвели эти эксперименты на высших обезьянах и людях, получив аналогичные результаты. И Хит в своей интерпретации данных настаивал, что стимуляция этих

зон не просто каким-то образом подкрепляет поведение, а вызывает чувство эйфории. В умах многих ученых и представителей общественности эти структуры так и остались основными «центрами удовольствия» в мозге.

Однако около десяти лет назад нам обоим пришла в голову мысль: действительно ли можно измерять удовольствие с помощью актов электрической самостимуляции? И как мы можем узнать, что субъект стимулирует данные зоны именно потому, что ему это приятно, а не по каким-то другим причинам? Мы поняли, что для того, чтобы внести ясность в этот вопрос, нам нужно

придумать другой способ, с помощью которого можно было бы выяснить, что же испытуемые (включая животных) на самом деле ощущают.

#### Как измерить удовольствие

В случаях экспериментов с людьми определить, чувствуют ли они удовольствие, очень легко: достаточно просто спросить. Конечно, итоговые оценки могут не полностью совпадать или недостаточно точно отражать переживаемые ощущения, но этого будет вполне достаточно. Однако с лабораторными животными — наиболее популярным объектом исследований в биологии - подобные эксперименты провести невозможно.

Поэтому мы были вынуждены разработать альтернативный подход, использовав идею, которую мы почерпнули из изданной в 1872 г. книги Чарлза Дарвина «Выражение эмоций улюдей иживотных». Знаменитый ученый писал, что животные в ответ на изменения окружающей их обстановки выдают определенные заметные эмоциональные реакции - другими словами, они гримасничают. Известно, что нейронные механизмы, лежащие в основе подобных эмоциональных проявлений, в мозге большинства млекопитающих работают сходным образом. Следовательно, определенная общая, базовая мимика должна сохраниться у всех млекопитающих, даже если они находятся в столь отдаленном родстве, как люди и грызуны. Это касается, например, «гримасы удовольствия», с помощью которой мы все реагируем на вкусную пищу.

взглядам Пища — универсальный способ получить удовольствие, потому что этот ресурс — самый важный для выживания. Аеще это один из самых доступных психологам и нейрофизиологам инструментов при экспериментальном изучении поведения животных. В наших исследованиях было подтверждено, что реакция на пищу может служить тем окном, через которое можно увидеть проявления удовольствия, не выраженные словами.

Любой, кто проводил достаточно времени с детьми, знает, что даже самые маленькие способны известить тех, кто за ними ухаживает, о том, что у данной пищи приятный вкус. Сладкое вызывает довольное облизывание губ, тогда как горькая пища чаще всего сопровождается гримасой, при которой ребенок широко раскрывает рот, трясет головой и энергично вытирает губы. Эти две реакции, характерные для детей, также наблюдаются у крыс, мышей и обезьян. Чем больше животному нравится вкус, тем более интенсивно оно облизывает свои губы. Снимая на видео реакцию грызунов на пищу, а затем подсчитывая количество раз, когда они высовывали язык для облизывания (как будто пытаясь собрать каждую молекулу этого замечательного вкуса до последней капли), мы смогли измерить, насколько приятен животным данный вкусовой стимул. А затем на основании полученной информации мы определили, где именно в мозге на самом деле «обитает» удовольствие.

#### Желать — не значит любить

В соответствии

с новыми

представлениями,

мозга и веществами,

бы, согласно прежним

Одним из первых наших открытий стал тот факт, что удовольствие не связано с теми зонами мозга и веществами, скоторыми оно должно было быть связано, если бы прежние представления были верными. Области, впервые идентифицированные Олдсом, Милнером и другими исследователями, располагаются в передней части мозга и активируются нейротрансмиттером дофамином, который синтезируется нейронами, располагающимися возле ствола мозга. И если бы эти фронтальные зоны действительно регулировали чувство удовольствия, то, как мы предположили, насыщение их дофамином (или полное его удаление) долж-

но было бы изменить реакцию животных на приятные стимулы. Но полученный нами результат отличался от гипотетического.

Для экспериментов наш коллега Сяоси Чжуан (Xiaoxi Zhuang) из Чикагского университета с помощью генной инженерии ощущение удовольствия создал мышей, у которых отсутствовал белок, обеспечине связано с теми зонами вающий после передачи импульса обратный захват дофамина из синаптической с которыми должно было щели в нейроны. Соответственно, характерной особенностью животных-нокаутов с подобной мутацией будет существенно превышающая нормальный уровень концентрация дофамина в мозге. Однако в наших исследованиях эти мыши не демонстрировали, что получают больше удовольствия от сладкого, чем их не подвергшиеся изменениям товарищи по клетке. Мы не заметили, чтобы они облизывали губы чаще, напротив, они облизывались несколько реже, чем мыши с нормальным уровнем дофамина. Зато дофаминовые мыши гораздо быстрее двигались в сторону лакомства по сравнению с нормальными грызунами.

> То же самое мы обнаружили и у крыс, уровень дофамина у которых превышал норму (если сделать инъекцию амфетамина в прилежащее ядро, то концентрация дофамина в мозге возрастает). Сладкое подкрепление также не стало для этих крыс более приятным, хотя после того как у них вызвали повышение уровня дофамина, они проявили гораздо больше стремления получить приманку.

> В отличие от них грызуны с минимальным количеством дофамина не проявили никакого желания получить лакомство. Такие животные вообще

не обнаруживали интереса к пище и погибали от голода, если их не кормили насильно. Однако, несмотря на отсутствие интереса к пище, если все же сладкое лакомство попадало к ним в рот, то они облизывали свои усы вполне активно.

В результате экспериментов стало ясно, что эффекты, связанные с количеством дофамина в мозге, весьма неоднозначны. Выяснилось, что этот нейротрансмиттер оказывает больше влияния на мотивацию, чем на само ощущение удовольствия. У людей тоже более отчетливо прослеживается связь между уровнем дофамина и тем, как энергично они заявляют о своем желании получить награду, и почти не наблюдается связи с тем, как много они говорят о том, что лакомство им нравится.

То же самое может происходить и в случае развития наркотической зависимости. Наркотики наводняют мозг (и, в частности, те зоны, которые ассоциированы с желанием) дофамином. Волна дофамина не только провоцирует возникновение чувства острого желания, но и приводит клетки этой области в состояние повышенной чувствительности к воздействию психотропного препарата. По данным нашего коллеги Терри Робинсона (Terry Robinson) из Мичиганского университета, такая сенсибилизация может сохраняться в течении многих месяцев и даже лет. В результате, даже когда наркотик перестает доставлять удовольствие, наркоман по-прежнему ощущает острое желание его принять — печальное последствие воздействия дофамина.

Это привело нас к мысли, что в отличие от изначальных предположений стимуляция через «электроды удовольствия», повышающая уровень дофамина в мозге крыс и людей, может и не быть связана с приятными ощущениями. Данную точку зрения подтверждают сведения о том, что активация электродов, повышающих уровень этого нейромедиатора в прилежащем ядре, побуждает крыс есть и пить, но не делает пищу более приятной, а скорее наоборот, лакомство становится невкусным. Крысы, которых заставляли питаться при помощи электрической стимуляции, трясли головами и вытирали морду (признаки сильного неудовольствия), как будто электрический ток превратил сладкое в горькое. Подобные результаты свидетельствуют о возможности существования в мозге сразу двух различных механизмов, один из которых контролирует желание крыс есть корм, а второй отвечает за то, чтобы пища им нравилась.

Нам кажется, что улюдей эти ощущения также регулируются различными участками мозга. Пропускание электрического тока через классические «электроды удовольствия», вызвало как минимум у одного пациента сильное желание пить. У других, включая В-19, электрическая стимуляция «включала» сильное сексуальное желание. В то время сексуальное желание сочли признаком удовольствия. Тем не менее, тщательно проанализировав литературу, мы не встретили ни одного свидетельства того, что пациенту с имплантированными электродами стимуляция казалась приятной. Например, В-19 никогда не восклицал: «О, какое наслаждение!» Вместо этого стимуляция «электродов удовольствия» заставляла

его, как и других пациентов, желать еще больше стимуляции — и, вероятно, не потому, что она ему нравилась, а потому, что она заставляла его желать ее.

#### «Горячие клавиши» удовольствия

Механизм формирования положительного подкрепления в мозге тесно связан с двумя ощущениями: с тем, что мы этого хотим, и с тем, что нам это нравится. Поэтому мы предположили, что настоящие «центры удовольствия» (которые непосредственно отвечают за возникновение данного чувства) должны входить в состав структур, которые уже были ранее идентифицированы как часть системы, связанной с подкреплением.

Наши эксперименты заключались в выявлении внутри этой системы тех участков мозга, стимуляция которых усиливала бы ощущение удовольствия, в нашем случае — удовольствие от поедания лакомства у грызунов. Одну из таких «гедонических точек» мы обнаружили в медиальной оболочке (небольшой области внутри прилежащего ядра), вторая была найдена в вентральном паллидуме — глубинной структуре в основании переднего мозга, которая тесно связана с прилежащим ядром и получает большую часть сигналов именно от него.

Химическое воздействие на эти участки с помощью энкефалина (синтезируемого мозгом морфиноподобного вещества) вызвало у крыс проявление большего удовольствия от поедания сладкого. Тот же эффект оказал анандамид — синтезируемый мозгом аналог марихуаны. Другой гормон, называемый орексином, который выделяется в мозге в момент голода, также может воздействовать на точки удовольствия, усиливая привлекательность пищи.

Каждая из перечисленных зон — всего лишь небольшая область внутри более крупной структуры (около 1 мм³ в мозге крысы и не более 1 см³ у человека). Они связаны между собой (как острова одного архипелага) и с другими зонами мозга, которые также производят сигналы удовольствия, формируя мощную и сложноорганизованную сеть, отвечающую за наслаждение. Эта сеть весьма устойчива. В наших опытах выключение отдельных компонентов внутри данной схемы не влияло на обычную реакцию на лакомство — за одним исключением. Повреждая вентральный паллидум, мы добились ослабления способности животных наслаждаться едой, как будто превратив приятный вкус в отталкивающий.

С другой стороны, блокировка любого отдельного элемента должна ослаблять силу ощущения. Возможно, для достижения мощного чувства наслаждения (как, например, эйфории, вызванной у лабораторных животных с помощью химической стимуляции) требуется активация практически всей сети целиком. Вероятно, именно поэтому достичь эйфории гораздо сложнее, чем мелких повседневных радостей.

Существует ли у людей подобная схема и работают ли отдельные ее компоненты так же, как и у животных, пока неясно. Не так много людей попадает в больницу с точечным повреждением только этих структур и сохранением функций прилегающих областей. Поэтому очень сложно

оценить, действительно ли вентральный паллидум и прочие компоненты сети представляют собой ключевые элементы, обеспечивающие у людей чувство удовольствия. Мы знаем лишь одного пациента, у которого вентральный паллидум был поврежден в результате сильнейшей передозировки наркотиков. После восстановительного периода пациент описывал свое состояние как охватившую его депрессию, чувство безнадежности, вины и неспособность чувствовать удовольствие — что выступает потенциальным подтверждением важнейшей роли данной структуры в формировании приятных ощущений.

#### Достаточно — значит достаточно

Эта сеть — не единственная система, регулирующая чувство удовольствия. Чтобы усилить теплую волну наслаждения, сопровождающую какое-либо ощущение или переживание, к игре присоединяются и другие участки мозга. Эти высшие структуры определяют степень выраженности удовольствия в связи с текущим состоянием субъекта: голоден он или сыт, и не получил ли он уже достаточно данного конкретного удовольствия. Так любой, даже законченный сладкоежка, съев огромный кусок шоколадного торта, сочтет вазу с конфетами не слишком привлекательной. В случае еды подобное избирательное насыщение могло сформироваться в связи с тем, что оно побуждало животных не концентрироваться на одном самом вкусном корме, а включать в свой рацион широкий спектр продуктов, таким образом обогащая его всеми необходимыми питательными веществами.

За избирательное насыщение скорее всего отвечает зона мозга, называемая орбитофронтальной корой. Это передняя часть префронтальной коры, которая у людей располагается над глазами и в которую поступает информация, исходящая из прилежащего ядра и вентрального паллидума. Вероятно, именно орбитофронтальная кора определяет степень испытываемого нами удовольствия, вызывая то волну восхитительного наслаждения в момент полного удовлетворения, то быстрое затухание после насыщения.

С помощью высокоэффективного метода компьютерной томографии мы обнаружили, что активность маленького участка внутри орбитофронтальной коры, точки в передне-медиальной части префронтальной коры, тесно связана с субъективным переживанием наслаждения от какого-то приятного ощущения, например, от смакования горячего какао. В момент первого глотка эта зона взрывается активностью, но когда человек допивает последнюю каплю, активность в ней сходит на нет, превращая вкус из божественного в обыкновенный.

Предположение, что данная точка играет важную роль в формировании улюдей чувства удовольствия, подтверждают данные, полученные при проведении терапевтической стимуляции глубоких зон мозга. Эта процедура использовалась при лечении некоторых нарушений, включая неизлечимые хронические боли. Один из наших пациентов с ампутированной конечностью испытывал фантомные боли. Стимуляция определенных участков ствола мозга не только избавляла его

от страданий, но и вызывала приятные ощущения. Проводимая параллельно томография выявила одновременный резкий всплеск активности в передне-медиальной части префронтальной коры. Однако может ли стимуляция отдельных элементов сети, отвечающей за чувство удовольствия, использоваться при лечении депрессии и других форм ангедонии (неспособности ощущать радость), пока неизвестно.

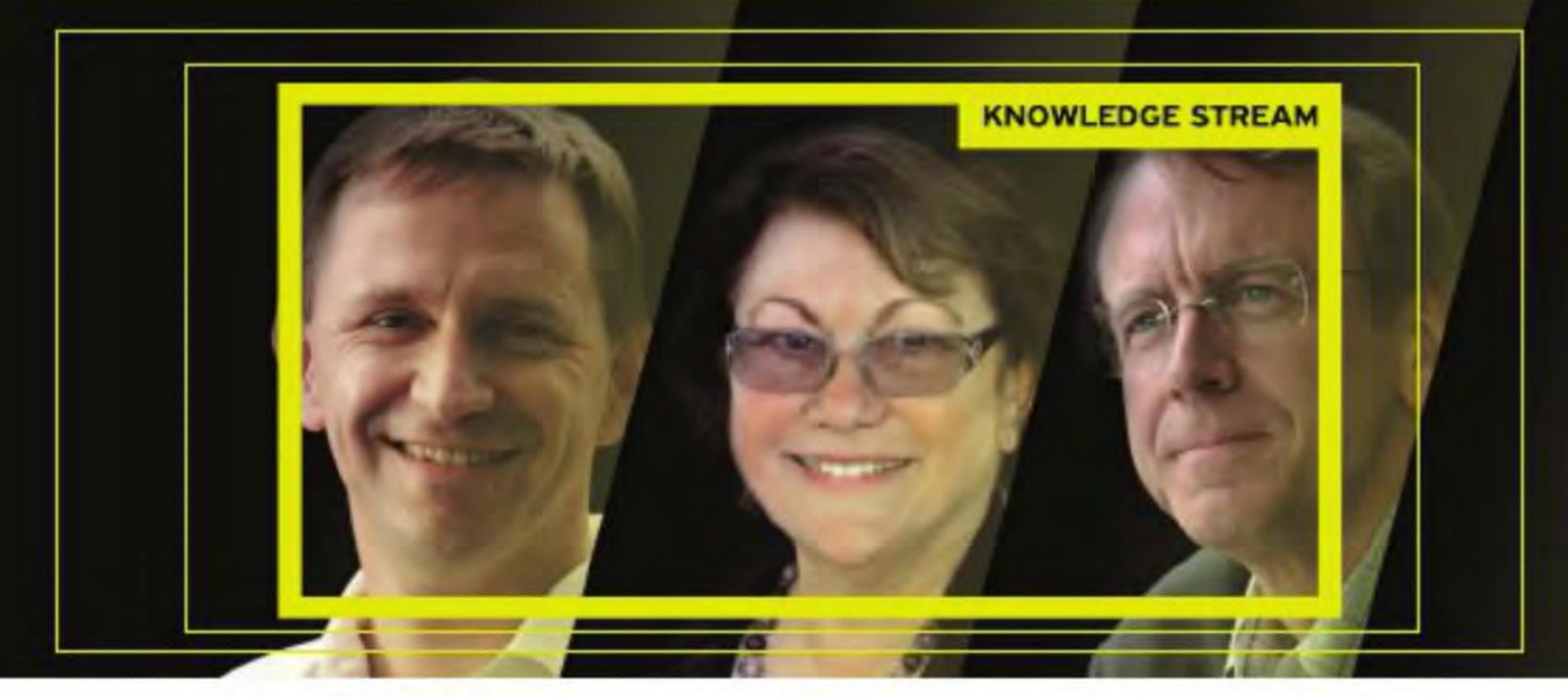
Кроме того, еще никто не провел исследований, которые показали бы, как именно связаны между собой сети, обеспечивающие ощущение удовольствия и положительное подкрепление. В нормальных условиях центры удовольствия функционируют в комплексе с дофаминергической системой подкрепления, поэтому мы желаем получить то, что доставляет нам удовольствие, и игнорируем все, что не вызывает положительных эмоций. В случае развития зависимости эти системы каким-то образом рассогласуются, в результате чего наркоман жаждет получить то, что больше не приносит ему удовольствия. Подобное рассогласование может участвовать также в развитии и других типов компульсивного поведения, например переедания и увлечения азартными играми. Если мы выясним, как и почему происходит подобное разъединение, мы сможем разработать методы обратного переключения на нормальную согласованность желания с удовольствием.

Когда-то Аристотель сказал, что счастье слагается из двух компонентов: гедонии (или чувства удовольствия как такового) и эвдемонии (т.е. радости от собственной добродетельности). И хотя с тех пор ученые добились значительного прогресса в изучении биологических основ гедонии, мы по-прежнему практически ничего не знаем о том, как в мозге формируется более широкое ощущение «хорошо прожитой жизни». Однако мы надеемся, что со временем и эта тайна будет разгадана, и тогда люди смогут объединить полезное с приятным, подняв уровень повседневных переживаний до состояния перманентного глубокого удовлетворения, а возможно, даже просветления.

Перевод: Т.А. Митина

#### дополнительная литература

- A Common Neurobiology for Pain and Pleasure. Siri Leknes and Irene Tracey in Nature Reviews Neuroscience, Vol. 9, pages 314–320: April 2008.
- The Pleasure Center: Trust Your Animal Instincts. Morten L. Kringelbach. Oxford University Press, 2008.
- Pleasures of the Brain. Edited by Morten L. Kringelbach and Kent C. Berridge. Oxford University Press, 2010.
- Building a Neuroscience of Pleasure and Well-Being. Kent C. Berridge and Morten L. Kringelbach in Psychology of Well-Being: Theory, Research, and Practice, Vol. 1, No. 3; October 2011.www.psywb.com/content/1/1/3
- Видео, где дети, приматы и крысы демонстрируют удовольствие и неудовольствие, см. по адресу: ScientificAmerican.com/ aug2012/pleasure



## КОНФЕРЕНЦИЯ ДЛИНОЮ В ГОД

Проект центра

DIGITAL OCTOBER

при поддержке журнала
«В мире науки»



С сентября 2011 года образовательный проект Knowledge Stream представляет лекции-телемосты из ведущих лабораторий и университетов мира. Вы узнаете о технологических инновациях и научных достижениях из первых уст и сможете получить ответы на любые вопросы в прямом эфире. В продолжение интерактивных видеоконференций происходят дискуссии с участием российских специалистов.

Программа Knowledge Stream состоит из нескольких тематических циклов и каждый из них предполагает от 3 до 5 лекций. На сегодняшний день уже открыты такие циклы, как «Будущее коммуникаций», «Технологические тренды», «Спортивные технологии», «Здоровье в цифровом веке», «Биотехнологии», «Стиль жизни» и другие. В течение года в конференц-зале центра Digital October пройдет более 80 мероприятий, участие в которых совершенно бесплатно.

Вы можете смотреть прямые трансляции лекций на сайте www.digitaloctober.ru и участвовать в дискуссии через twitter с хэштегом #knowledgestream. Видеоархив проекта находится в открытом доступе на сайте knowledgestream.ru.

#### НИК МАККЕОН СЕТЬ ПО НОВЫМ ПРАВИЛАМ

Из цикла «Наука для гиков»

Профессор Ник Маккеон занимается разработкой сетевью технологий с 1980-х годов. Он разработал новую сетевую архитектуру, которая «обещает навсегда изменить принципы построения компьютерных сетей». Протокол получил название OpenFlow, а новая сетевая архитектура. основанная на этом протоколе — Software defined networking (SDN). На лекции Ник и российские эксперты: Александр Галицкий (Almaz Capital Partners), Руслан Смелянский (ЦПИКС), Андрей Аксенов (Ростелеком), Алексей Ликвинцев (Сбербанк Технологии) обсудили какие еще перемены ждут IT-инстустрию. Специалисты считают, что увеличится схорость передачи данных, повысится уровень сетевой безопасности, станет проще работать с оборудованием различных компаний в рамках одной сети.

### ХЕРМОНА СОРЕК СТРЕСС: ПРИЧИНА ИЛИ СЛЕДСТВИЕ БОЛЕЗНЕЙ?

Из цикла «Здоровье в цифровом веке»

Доктор наук, профессор молекулярной нейробиологии в крупнейшем научном центре Израиля, Еврейском университете в Иерусалиме. В 2005-2008 годах она была первой женщинойдеканом факультета математики и естественных наук. Автор 260 жуучных тубликаций и сени книг, обладательница 12 патентов. В своей лекции доктор Сорек рассказала о том, что болея-м и слабый иммунитет могут вызвать нарушения в работе мозга, а воспалительные процессы являются одним из факторов вознисновения Душевное равновесие сораняет CTDROOM. организм от серьезных заболезания.Создание новых лекарста, колорые помогут человечеству справиться с вывываемыми стрессом болеживыи, — основная цель работы Хермоны Сорек.

### ДЖОН ДОРР ИНВЕСТИЦИИ В «ЗЕЛЁНОЕ» БУДУЩЕЕ

Из цикла «Технологические тренды»

В рамках проекта Knowledge Stream с лекцией о влиянии езелёнього технологий на индустриальное развитие выступил один из самых крупных венчурных инвесторов мира Джон Дорр, партнер венчурного фонда Kleiner Perkins Caufield & Byers (KPCB).

Джон Дорр — наставник и финансист основателей Google, Атвахоп, intuit, Sun Microsystems. Он намерен выиграть войну против глобального потепления. В его арсенале компании Amyris (биотопливо и лекарства от малярии); Віоот Епегду (топлияные элементы); Miasole (солнечные батареи). Джон хочет, чтобы к кзелёными технологиям относились как к дальновидной венчурной стратегии.







### Ученые разрабатывают новые способы облегчить обучение чтению, письму, счету и даже социальным навыкам

аленькая, пока что безволосая головка восьмимесячного Лукаса Кронмиллера укрыта шапочкой, состоящей из 128 электродов. Чтобы развлечь малыша, лаборант активно корчит ему рожи. Лукас выглядит спокойным и довольным. Он посещает Лабораторию исследований детства в Университете Рутгерса каждые четыре недели с тех пор, как ему исполнилось четыре месяца. Он вместе стысячей других малышей участвует в исследовании Эприл Беназич (April A. Benasich) и ее коллег. Эприл пытается определить в раннем возрасте, возникнут ли у ребенка в будущем проблемы с развитием речи, которые могут существенно затруднить его обучение в младшей школе.

Эприл Беназич использует метод регистрации электрической активности мозга для исследования процессов, происходящих в нервной системе и обеспечивающих обучение человека. Она работает на передовой новой научной отрасли - нейробиологии научения. Основная задача исследований в этой области найти ответы на вопросы, до сих пор ставившие в тупик когнитивных психологов и педагогов. Каким образом способность новорожденного к переработке слуховой и зрительной информации влияет на будущую способность дошкольника

запоминать буквы и слова? Почему способность ребенка поддерживать концентрацию внимания в раннем детстве влияет на успеваемость при обучении несколько лет спустя? Что нужно делать учителю, чтобы развить у ребенка социальные навыки, столь необходимые в школе? Ответы на эти вопросы существенно обогатят программы профессиональной подготовки психологов образования и педагогов.

Кроме того, они помогут с опорой на знания о функционировании мозга разработать программы для развития будущих учеников и подготовить малышей к лучшему усвоению навыков чтения, письма, счета и к ситуации социальной адаптации в младшей школе. Большинство подобных исследований фокусируются на раннем возрасте, так как существуют данные, что именно в это время мозг наиболее изменчив.

#### «Ага-момент»

Эприл Беназич — бывшая медсестра, получившая два высших образования. Сейчас она изучает аномалии в развитии восприятия звуков у детей раннего возраста. Позже на основе слухового восприятия у детей строится понимание речи, которое в свою очередь составляет основу для освоения навыков чтения и письма. Исследования Беназич сконцентрированы вокруг явления,

которое она сама называет «ага-момент». Ее группа изучает активность мозга, когда тот узнает нечто новое.

В лаборатории в Ньюарке, штат Нью-Джерси, исследователи под руководством Беназич предъявляют Лукасу и другим детям звуки определенной длительности и частоты. Они регистрируют изменения в электрической активности мозга в момент, когда частота звука меняется. Обычно, в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) при предъявлении звука другой частоты наблюдается негативный пик, которым мозг сообщает: «Да, что-то поменялось». Задержка ответа на звук отклоняющейся частоты означает, что мозг недостаточно быстро замечает изменения. Данные показывают, что подобная медлительность мозгового ответа ребенка в возрасте шести месяцев позволяет предсказать особенности его речевого развития в период от трех до пяти лет. Если паттерн сохраняется в раннем и дошкольном возрасте, то можно предположить сложности в развитии мозговых связей, отвечающих за быструю переработку сигналов, необходимую при восприятии элементарных единиц речи. Если ребенок в раннем детстве не будет их достаточно четко различать (например, если он путает «да» и «па»), то он будет медленнее справляться с задачей называния букв и чтения слогов, что впоследствии

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Благодаря развитию новых методов научных исследований нейробиология приближается к пониманию процессов, происходящих в мозге в момент обучения.
- На основе полученных нейробиологами данных ученые смогут разработать специальные упражнения для дошкольников и даже детей раннего возраста, которые позволят развить у любого ребенка познавательные функции до уровня, требуемого в школе.
- Если подобные методы будут разработаны, то они кардинальным образом изменят систему образования, т.к. смогут
  предотвратить снижение уровня обучаемости у детей.
- Ученым, учителям и родителям следует быть осторожными. Различные методы «упражнения мозга» перед применением должны пройти апробацию и доказать свою эффективность.

приведет к недостаточной беглости чтения. Эти данные согласуются с результатами более ранних исследований Беназич, в которых было показано, что дети спроблемами в восприятии звуков в раннем детстве демонстрируют низкие результаты в языковых тестах и в старшем возрасте — восьми и девяти лет.

Если специалисты научатся определять вероятность развития языковых проблем у детей младенческого возраста, то они смогут предложить также и методы коррекции, опираясь наврожденную пластичность развивающегося мозга - его способность меняться, усваивая новый опыт. Кроме того, появится возможность улучшить врожденные способности к освоению языка у тех детей. чье развитие находится в пределах нормы. «Первая половина первого года жизни — лучшее время, чтобы подготовить мозг к обучению», - утверждает Беназич.

Лучший метод — развивающие игры. Беназич и ее группа разработали игру, которая учит ребенка поворачивать голову или переводить взгляд в ответ на изменение частоты звука. Движения фиксируются с помощью видеосенсора. Если ребенок совершает правильное движение, он получает вознаграждение за приложенные усилия. Ученые проверили эффективность тренинга, используя игрушку в течение нескольких недель в группе из 15 здоровых детей младенческого возраста. Все они в результате продемонстрировали более быстрое реагирование на изменение высоты звука, чем дети из контрольной группы. Беназич надеется, что ее игра поможет и тем детям, чье восприятие звука замедлено. Сотрудники ее лаборатории приступили к разработке мобильной версии игры, которую родители смогут установить рядом с кроваткой малыша, чтобы помочь ему ускорить развитие слухового восприятия.

#### Чувство числа

Упражнение «когнитивных мускулов» с рождения поможет развить и элементарные математические навыки. Французский ученый Станислас Дехэн (Stanislas Dehaene) — ведущий Ученик с рождения

#### поднимаем тонус мозга: ОСВОЕНИЕ ЯЗЫКА С КОЛЫБЕЛИ

Ученые из Университета Рутгерса разработали метод, позволяющий по уровню мозговой активности выяснить, насколько хорошо развивается слуховое восприятие ребенка (вверху). Сейчас они определяют эффективность разработанной ими игры, которая должна повысить готовность детей к освоению речевых навыков, чтения и письма (внизу).

#### В ожидании «Ага!»

Ученые Лаборатории исследований детства Университета Рутгерса используют специальные шапочки для регистрации активности мозга ребенка, когда он слушает звуки разной частоты. Сначала (аудиопаттерн 1) ребенок слышит звуки высокой частоты (на схеме — А-звуки). Затем между ними появляются звуки отклоняющейся частоты (В-звуки), которые вызывают временное изменение в волнах мозга (так называемый «ага-ответ»), означающее, что мозг заметил изменение (аудиопаттерн 2). Замедленный или слабый ответ на внезапные отклонения в частоте звука может указывать на будущие трудности в освоении языка.



#### Игра для малышей

В Рутгерском университете разработали метод развития способности обработки информации о частоте звука, развлекающий малыша. При помощи специальной игры ребенок обучается поворачивать голову, когда слышит В-звук. Тогда он получает подкрепление в виде яркого видеоролика (слева). Если малыш поворачивает голову при предъявлении А-звука, он не получает вознаграждения (справа). Последовательность чередования звуков постепенно ускоряется, и ребенок учится распознавать звуки на высокой скорости все более четко.





специалист в области исследования познавательных процессов, связанных со счетом. В Национальном институте здоровья и медицинских исследований Франции он разрабатывает методы, призванные помочь детям преодолеть сложности в освоении математики. Дети с рождения обладают определенной способностью распознавать количество. Дехэн утверждает, что если с самого начала с этим умением что-то не так, то в будущем у ребенка могут возникнуть проблемы сарифметикой и даже высшей математикой. Если вовремя восстановить «чувство числа», как его называет Дехэн, то ребенок со сложностями в обучении может избежать долгих лет изнурительной борьбы со школьной математикой.

Исследования Станисласа Дехэна опровергают представления о развитии познавательных способностей известного психолога Жана Пиаже. Последний утверждал, что мозг ребенка подобен чистому листу, tabula rasa, и не способен к вычислениям

с колыбели. С точки зрения Пиаже ребенок приобретает элементарные представления о числе в результате нескольких лет манипуляций с кубиками, хлопьями для завтрака и другими предметами. В результате малыш начинает замечать, что овсяные хлопья, рассыпанные по столу, изменяют свое расположение в пространстве, но не количество.

На данный момент внейробиологии накопились свидетельства того, что люди и некоторые другие животные обладают врожденным чувством числа. Конечно, ребенок, только что явившийся на свет из материнской утробы, не занимается решением дифференциальных уравнений вуме. Зато к концу первого года жизни малыши с легкостью выбирают ряд, в котором больше конфеток. Другие исследования показывают, что уже в первые месяцы жизни дети понимают относительное количество объектов. Младенцу демонстрировали пять объектов, которые тут же прятали за ширмой. Затем к ним добавляли еще пять. Когда

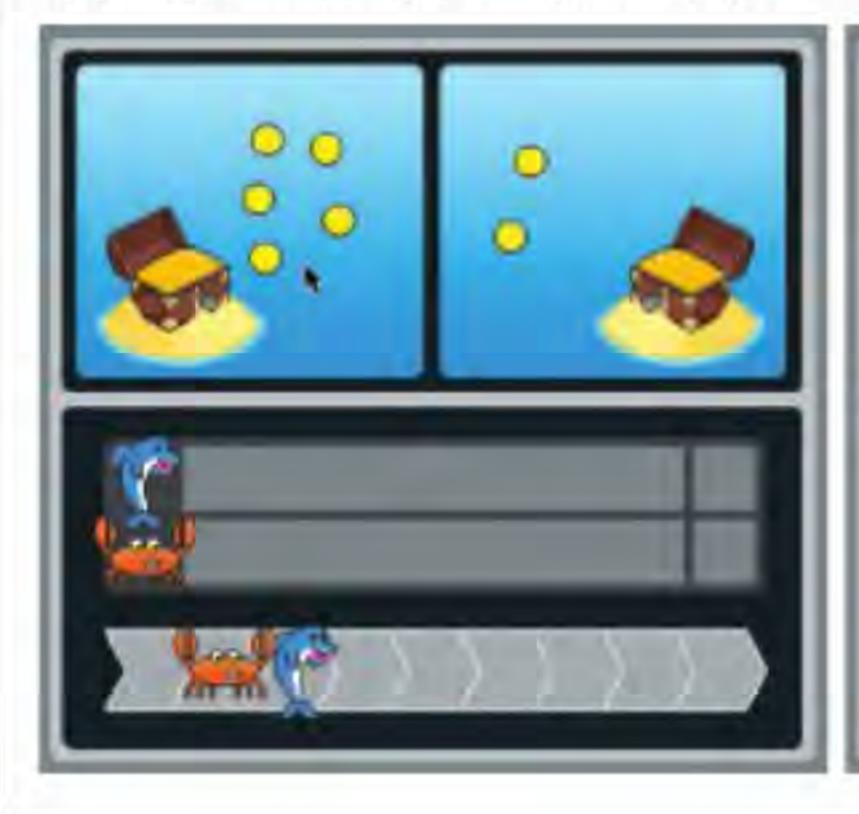
ширму убирали и ребенок видел всего пять объектов, он демонстрировал все признаки удивления. Видимо, дети рождаются с целым набором математических способностей. Младенцы способны не только оценивать относительное количество, но и различать конкретные числа, но лишь до трех или четырех. Дехэну удалось выделить область мозга, в которой обрабатывается информация о числах и относительном количестве: это участок теменной доли — внутритеменная борозда. (Чтобы понять, где расположена теменная доля, положите ладонь на голову чуть сзади от макушки.)

Врожденная способность оценивать размер группы, которой также обладают дельфины, крысы, голуби, львы и обезьяны, вероятно, была необходима нашим предкам, чтобы определять, нападать или убегать от врага, или какое дерево больше плодоносит. Станислас Дехэн совместно с лингвистом Пьером Пика (Pierre Pica) из Национального центра научных исследований

#### Игра в числа

#### прирожденный счетовод

С самого рождения ребенок обладает определенными представлениями о количестве. Если врожденный навык обращения с числами слабо развит, это может привести к сложностям в дальнейшей жизни. Чтобы укрепить и развить врожденные задатки, Станислас Дехэн и его коллеги разработали компьютерную игру «Гонки чисел». Дошкольник должен определить, какая из групп монеток больше, прежде чем компьютер успеет ее у него отобрать (слева сверху). Выигравший продвигается по игровой доске на столько шагов, сколько ему удалось сохранить монет, а проигравший — на столько, сколько монет ему досталось (слева снизу).





Проверка факта

Франции и его коллегами изучал индейцев племени мундуруку, обитающих в бразильской части лесов Амазонки. В языке мундуруку присутствуют элементарные обозначения чисел. Взрослые члены племени способны не хуже, чем контрольная группа французов, определить, в каком наборе точек больше. При этом они практически не способны сосчитать, сколько объектов останется, если из шести забрать четыре.

Подобная система приблизительных вычислений - краеугольный камень восвоении более сложных математических конструктов. Любой дефект врожденного чувства числа может привести к затруднениям в изучении математики в будущем. В начале 1990-х гг. Дехэн предположил, что дети обучаются более точным исчислениям, опираясь на свою внутреннюю систему приблизительных вычислений. Исследования последних лет действительно показывают, что отклонения в функционировании элементарной системы вычислений у детей раннего возраста могут быть предиктором сложностей в освоении арифметики и математики в младшей школе и более старшем возрасте. «Сегодня можно с уверенностью утверждать, что обучение арифметике должно опираться на определенную систему элементарных знаний, которые доступны нам с младенчества», — говорит Дехэн.

Выяснилось, что дискалькулия (числительный аналог дислексии) встречается у 3-6% детей. Она заключается в слабости арифметических навыков. Работники образования уделяют детям с дискалькулией значительно меньше внимания, чем дислексикам, вто время как дискалькулия влияет на жизнь человека ничуть не менее драматично. «Они меньше зарабатывают, меньше тратят, чаще болеют, чаще имеют конфликты с законом и нуждаются в большей поддержке во время школьного обучения», — отмечается в посвященной этому феномену статье, опубликованной в журнале Science в мае 2011 г.

Как и в случае со способностями к языку, раннее вмешательство может исправить ситуацию. Дехэн

#### ПЯТЬ МИФОВ О РАБОТЕ МОЗГА

Существует ряд распространенных заблуждений о работе мозга. Доверившись им, родители и воспитатели используют неэффективные методы обучения.

#### Миф: человек использует только 10% своего мозга

Факт Миф о 10% активно используемого объема мозга (иногда увеличивающегося до 20%) — не более чем городская легенда. На нем основан сюжет фильма «Области тьмы», в котором в руки главному герою попадает препарат, включающий дополнительные области мозга и таким образом дарующий ему экстраординарную память и мыслительные способности. На самом деле даже если ученик задействует в работе больший объем мозга, это не увеличит академическую успеваемость. И как бы учитель ни призывал детей к усердию, это не заставит их мозг использовать в работе дополнительное серое вещество.

#### Миф: работа полушарий головного мозга человека настолько различна, что можно говорить о существовании «левого» и «правого» мозга

Факт Представление о рациональном левом мозге и интуитивном и творческом правом далеко от действительности. Человек использует оба полушария во всех когнитивных функциях. Мысль о функциональном разделении левого и правого полушарий стала популярна, когда выяснилось, что большинство людей обрабатывают вербальную информацию в основном левым полушарием, а пространственную и эмоциональную — правым. Психологи использовали эту идею для выделения двух типов личности. В педагогике были разработаны обучающие программы, менее ориентированные на рациональные левополушарные навыки. МРТ-исследования до сих пор не подтвердили центральной роли правого полушария в творчестве. Мозг использует оба полушария как для чтения, так и для счета.

#### Миф: нужно научиться говорить на одном языке, прежде чем учить второй

Факт Дети, которые одновременно осваивают английский и французский языки, не путаются в них. Освоение первого языка при этом не замедляется. Идея интерференции осваиваемых языков предполагает, что новые знания будут конкурировать за ресурсы. На самом же деле у детей, которые изучают два языка одновременно, формируется обобщенное представление о целостной структуре языка.

#### Миф: различия мужского и женского мозга определяют разные способности к обучению у девочек и мальчиков

Мозг у мужчин и женщин действительно различается. Различия в функционировании психики приводят к формированию различий в функционировании мозга. Однако до сих пор не существует свидетельств о гендерных особенностях формирования нейрональных связей в процессе освоения новых навыков. Даже если подобные различия и существуют, то они ничтожно малы. Иными словами, индивидуальные различия преобладают над гендерными.

#### Миф: каждый ребенок требует уникального стиля обучения

Факт В настоящий момент исследования не подтверждают представление о том, что дети лучше обучаются в соответствии со своими особенностями: кто-то лучше ориентируется на зрительную стимуляцию, кто-то на звуковую. В случае с этим, как и с другими мифами, общественное мнение пытается обогнать науку. Ута Фрит (Uta Frith), нейробиолог, занимающаяся перспективами внедрения данных нейробиологии научения в педагогическую практику, предостерегает родителей: «Общество остро нуждается в нейробиологических исследованиях процесса обучения. Но в результате возникает огромное количество непроверенных, неисследованных и по большому счету ненаучных методов».

Источники: Mind, Brain, and Education Science, Tracey Tokuhama-Espinosa (W.W. Norton, 2010); Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science (OECD, 2007); OECD Educational Ministerial Meeting, November 4-5, 2010.

и его коллеги разработали простую компьютерную игру для детей в возрасте от четырех до восьми лет, которая помогает развивать математические способности малышей. Игра

называется «Гонки чисел» (Number Races) и развивает числительное чувство игроков. В одной из версий игрок должен выбрать наибольшую горсть монет до того, как это

сделает компьютерный противник. Игра автоматически подстраивается под уровень способностей игрока. На самом высоком уровне сложности ребенок, перед тем как производить сравнение, должен добавить или вычесть монетки. Если игрок выигрывает, он продвигается на то количество очков, сколько золотых он выбрал. Выигрывает тот, кто первым доберется до конца виртуальной игровой доски.

Разработанная программа с открытым исходным кодом переведена на восемь языков. И несмотря на то что еще рано говорить о ее эффективности в качестве мозгового тренинга, в рамках поддерживаемой прави-

Исследователи выяснили, что занятия музыкой увеличивают объем рабочей памяти и совершенствуют слух учеников таким образом, что они способны лучше различать речь в многоголосом хоре

тельством программы исследования игру скачали уже более 20 тыс. учителей Финляндии. Сейчас игра проходит серию испытаний, которые покажут, позволяет ли она справиться с дискалькулией и развить элементарные математические способности у здоровых детей.

#### Возьми себя в руки

Существует еще один важный фактор хорошей обучаемости, который когнитивные психологи называют «исполнительными функциями». К ним относят такие важные способности, как поддержание внимания, удержание в рабочей памяти того, что было только что увидено или услышано, отсрочка получения

удовольствия и пр. Развитие перечисленных способностей определяет успех ребенка в школе и даже в будущей профессиональной жизни. Высокую важность исполнительной функции продемонстрировал эксперимент, проведенный в 1972 г. в Стэнфордском университете: «Вот тебе зефирка, и ты получишь еще одну, если не съешь ее до моего возвращения». Дети, способные дождаться экспериментатора, не съев зефир, как бы им этого ни хотелось, показывали лучшие результаты в школе и позже достигали большего успеха в жизни.

В последнее десятилетие исследователи склоняются кмнению, что исполнительные функции можно развить впроцессе обучения, как и другие навыки. В школах для детей из семей с низким доходом применялась учебная программа «Тренажер для мозга» (Tools of Mind). Поскольку дети из малообеспеченных семей обычно демонстрируют более скромные академические успехи, чем дети состоятельных родителей, учителя разработали методы, которые позволяли обучать детей сопротивляться соблазнам и не отвлекаться от работы, развивали рабочую память и гибкость мышления. Так, для развития саморегуляции использовалось упражнение, вкотором ребенок должен был сам себе проговаривать, что нужно делать. Программа оказалась настолько эффективной, что в выпуске Proceedings of the National Academy of Sciences USA от февраля 2011 г. ведущие экономисты предложили внести развитие саморегуляции детей в перечень необходимых мер для «улучшения физического и материального благосостояния населения и снижения количества преступлений».

Современные исследования показывают, что для развития исполнительных функций вовсе не обязательно тратить часы на изнурительную практику противостояния воображаемому зефиру. Занятия музыкой также развивают навыки саморегуляции. Американка китайского происхождения Эми Чуа (Ату Сhua) в своей книге «Боевой гимн матери-тигрицы» (Battle Hymn of the Tiger Mother) описала свой опыт приучения дочерей к многочасовым музыкальным занятиям, которые с научной точки зрения обладают большим потенциалом. Ученые показали, что усердные упражнения на музыкальных инструментах дадут фору любым школьным занятиям по развитию саморегуляции. Занятия музыкой развивают внимание, рабочую память и самоконтроль.

Лабораторию нейробиологических исследований слуха в Северо-Западном университете возглавляет Нина Краус (Nina Kraus). Она выросла в особом «звуковом ландшафте». Ее мама, профессиональный музыкант, разговаривала с дочерью исключительно на своем родном языке — итальянском. Сама Нина играет на пианино, гитаре и барабанах. «Я обожаю музыку, это важная часть моей жизни», — говорит Нина, но считает себя заурядным музыкантом.

Краус регистрирует ЭЭГ, чтобы понять, каким образом нервная система кодирует темп, ритм и тембр музыкальных отрывков, а также выяснить, помогает ли изучение музыки развивать когнитивные способности. Сотрудники ее лаборатории выяснили, что занятия музыкой увеличивают объем рабочей памяти и, что более важно, совершенствуют слух учеников таким образом, что они способны лучше различать речь в многоголосом хоре, который часто слышен на уроках в школе.

Но в области изучения потенциала музыкальных занятий для развития когнитивных функций все еще остается открытым ряд вопросов. Имеет ли значение, какой музыкальный инструмент выбрать? Какую музыку полезнее играть: Моцарта или «Битлз»? И, наконец, помогут ли занятия музыкой детям со сложностями в обучении и из малообеспеченных семей?

На последний вопрос Краус отвечает положительно и приводит пример из своей практики. Проект «Гармония» проводит музыкальные занятия с детьми из малообеспеченных семей Лос-Анджелеса. За годы работы этого проекта большинство детей

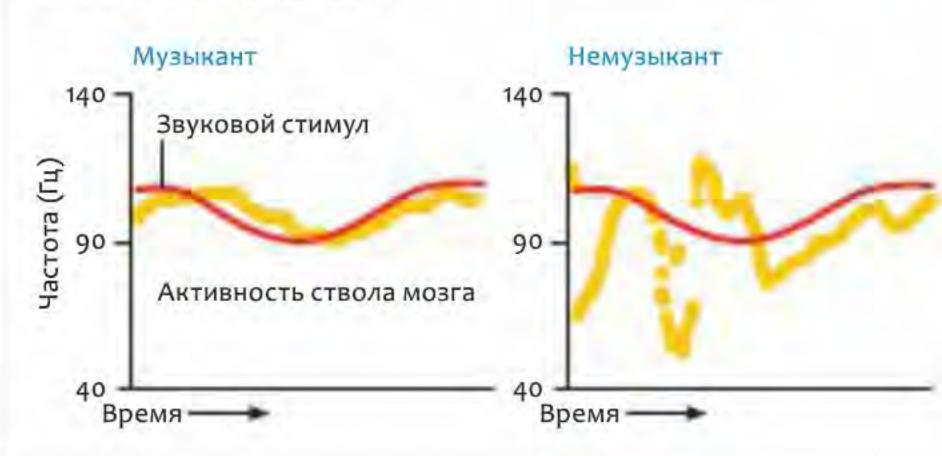
семье.

#### ИГРА НА СКРИПКЕ — ЛУЧШЕЕ УПРАЖНЕНИЕ ДЛЯ МОЗГА

Усердные занятия музыкой с раннего детства не только позволяют освоить музыкальный инструмент, но и развивают ключевые способности, необходимые ребенку в дальнейшем обучении. Развитые концентрация и слух дают преимущество в понимании речи и помогают улучшить когнитивные функции, такие как внимание, рабочая память и саморегуляция.

#### Лучший слушатель

Поскольку занятия музыкой упражняют весь мозг целиком, музыканты воспринимают звук более ясно, чем дети, не занимавшиеся музыкой. Звук инструмента попадает сначала в улитку внутреннего уха, затем передается в ствол мозга, откуда поступает в кору полушарий головного мозга, где происходит высокоуровневая обработка звуковой информации. Затем сигнал попадает обратно в ствол мозга и улитку. Благодаря подобной петле обратной связи музыканты умеют идеально выстраивать высоту звука в соответствии с мелодией. На графиках желтым представлена активность ствола мозга: слева — музыканта, справа — немузыканта. Красная линия отражает высоту звукового стимула (частоту звука). Можно заметить, что активность ствола мозга музыканта более точно соответствует высоте стимула.



не только окончили старшую школу, фал но также поступили в колледж — ча- По м сто первые и единственные в своей нейр

Учредитель программы Маргарет Мартин (Margaret Martin) пригласила Краус, чтобы исследовать влияние музыки на учеников при помощи мобильной установки ЭЭГ и устройств обработки музыки. «Заурядный музыкант» Краус — верный адепт игры на гитаре. «Если ученик выбирает времяпровождение между освоением музыкального инструмента и компьютерной игрой, у меня даже не возникает вопроса, что будет полезнее для его нервной системы, - признается она. - Если вы пытаетесь освоить гитарную композицию, вам придется держать ее в голове и старательно воспроизводить снова и снова».

#### Фальстарт

По мере продвижения исследований нейробиологических основ научения специалисты все более склонны прибавлять к трем китам образования — чтению, письму и арифметике - четвертого: саморегуляцию. Они ищут способы применения полученных знаний для помощи детям в обучении, но не торопятся, т.к. понимают, насколько велик объем исследований, которые еще предстоит провести, чтобы методы работали. Ученые осознают и то, какое давление выдерживают учителя и родители со стороны компаний, продвигающих новаторские методы обучения. Причем чаще всего желаемых результатов не приносят наиболее назойливо рекламируемые методики.

Музыка для ушей:

Кора головного

мозга

Например, несколько лет назад было распространено мнение, что прослушивание музыки Моцарта делает детей умнее. Вокруг ложного, как выяснилось позже, предположения возникла целая образовательная индустрия. Исследования Краус показывают, что для развития познавательных функций недостаточно просто слушать музыку. Необходимо, чтобы ребенок учился играть на инструменте, развивая таким образом слуховые области мозга: чем больше вы упражняетесь, тем больше прогрессируют ваши слуховые способности. Простое прослушивание неэффективно.

Слуховые

пути

Сомнительной часто оказывается эффективность даже тех методов, которые изначально казались научно обоснованными. В марте минувшего года в Journal of Child Psychology and Psychiatry были опубликованные данные метаанализа исследований

эффективности одного из самых известных тренажеров мозга - программы «Быстрослов» (Fast For Word), разработанной Полой Таллал (Paula A. Tallal) из Университета Рутгерса, Майклом Мерценичем (Michael Merzenich) из Калифорнийского университета в Сан-Франциско и их соавторами. Метаанализ показал, что какие бы то ни было свидетельства эффективности метода для коррекции проблем с освоением речи и чтения у детей отсутствуют. Как ивисследованиях Беназич, коллеги Таллал по докторантуре, метод рассчитан на восполнение дефицита в процессе обработки слуховой информации,

Основываясь на мониторинге активности мозга и традиционном тестировании, можно будет оценить способности детей до их поступления в школу и организовать дополнительные тренинги

который приводит к затруднениям в обучении. Scientific Learning, компания, выпускающая «Быстрослов», опубликовала опровержение, в котором утверждается, что для метанализа были выбраны чрезмерно ограничивающие критерии, что для большинства исследований использовалось недостаточно качественное оборудование, а программа за время проведения тестов была существенно усовершенствована.

«Требуются дальнейшие исследования» — навязший в зубах рефрен, проходящий через все исследования в области нейробиологии научения. Игра с числительными Дехэна

также требует усовершенствования, прежде чем ее можно будет внедрять в широкую образовательную практику. Одно из последних исследований показало, что «Гонки чисел» помогают детям лучше сравнивать количество, но не влияют на счет и другие арифметические навыки. Исследователи выпустили новую версию программы, в которой попытались учесть эти результаты. Требует углубления также и вопрос, развивают ли занятия музыкой исполнительную функцию и, как следствие, мышление ребенка.

В молодой и активно развивающейся научной отрасли одни данные противоречат другим, а третьи опровергают все предыдущие. Подобная зигзагообразная траектория развития характерна и для нейробиологии научения, что часто приводит к переоценке делаемых выводов. Учителя и родители периодически становятся жертвами рекламы очередной «научно обоснованной» компьютерной методики или обучающей программы. «Я в растерянности, — признается Дебора Ребан (Deborah Rebhuhn), преподаватель математики в Центральной школе, институте специального образования в Хайленд-парке, штат Нью-Джерси, которой приходится отбирать студентов со всего штата. — Бывает сложно выбрать даже методику, которую стоит попробовать. И недостаточно данных, чтобы пойти к начальству и убедительно утверждать, что метод работает».

#### Дошкольная подготовка

Ученые, посвятившие многие часы размышлениями над кривыми ЭЭГ и паттернами возбуждения в магнитно-резонансной томограмме, понимают, что на текущий момент они не могут предложить рабочего рецепта улучшения процесса обучения. Возможно, подобные методы будут доступны нашим детям или их потомкам. Джон Габриели (John D.E. Gabrieli), профессор, осуществляющий совместное исследование Гарвардского университета и Массачусетсского технологического института, в своей статье в Science 2009 г. заявил: «Гипотетически сочетание

методов исследования мозга, традиционного тестирования, анализа семейной истории и методов современной генетики позволит предсказывать вероятность возникновения проблем с чтением к шести годам, что даст возможность проводить раннюю коррекцию большинства случаев дислексии».

Уже существует одно исследование, в котором анализ ЭЭГ детей детского сада для предсказания уровня развития способности к чтению у детей показал результаты лучшие, чем стандартные психологические тесты. Основываясь на мониторинге активности мозга в сочетании с традиционным тестированием, можно будет оценить способности детей до их поступления в школу и если необходимо - организовать дополнительные тренинги, основанные на научных данных, которые нейробиологи добывают уже сегодня. Если предсказание Габриели сбудется, то нейробиология научения придаст новое значение словосочетанию «индивидуальное обучение». Теперь оно должно будет включать персональное развитие способностей детей задолго до того, как они переступят порог младшей школы.

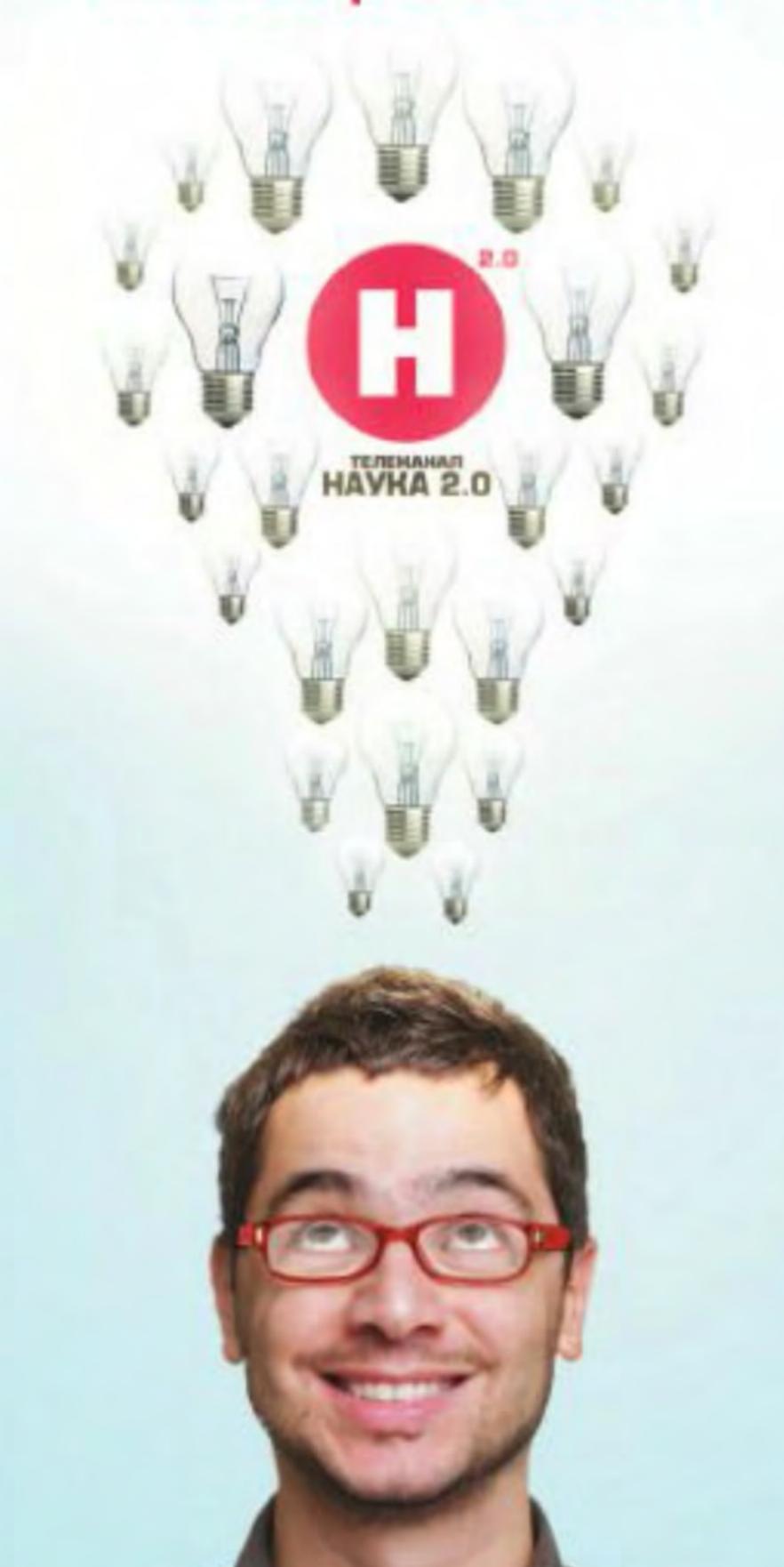
Перевод: Т.Н. Лапшина

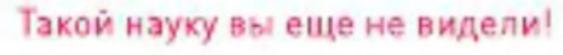
#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Mind, Brain, and Education Science. Tracey Tokuhama-Espinosa. W.W. Norton, 2010.
- Maturation of Auditory Evoked Potentials from 6 to 48: Prediction to 3 and 4 Year Language and Cognitive Abilities. Naseem Choudhoury and April A. Benasich in Clinical Neurophysiology, Vol. 122, pages 320–338; 2011.
- The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics. Revised edition. Stanislas Dehaene. Oxford University Press, 2011.
- Лаборатория нейробиологических исследований слуха под руководством Нины Краус в Северо-Западном университете: www.brainvolts.northwestern.edu
- Видео об исследованиях Эприл Беназич см. по адресу: http://ScientificAmerican.com/aug2011/benasich

## Одни лишь задумываются

## другие изобретают!





Маркетинг: +7[495] 937-38-92 Дистрибуция: +7[495] 620-98-36

www.naukatv.ru









#### Дэвид Стипп

#### THE

## THE LATE OF THE STATE OF THE ST

Долгое время считалось, что клетки, перестающие делиться, защищают организм от рака. Но, как оказалось, иногда они становятся его пособниками, а кроме того, способствуют старению организма





#### ОБ АВТОРЕ

**Дэвид Стипп** (David Stipp) живет в Бостоне, занимается научной журналистикой. Особенно его интересует геронтология. В 2010 г. вышла его книга «Эликсир молодости: Ученые на пороге победы над старостью» (The Youth Pill: Scientists at the Brink of an Anti-Aging revolution).



1999 г. Ян ван Дерсен (Jan M. van Deursen) с коллегами из Клиники Майо в Рочестере, штат Миннесота, решили проверить, не приводят ли поломки в хромосомах к развитию рака. Для этого они, используя методы генной инженерии, вырастили мышей, не синтезирующих белок, который поддерживает целостность хромосом. В результате спиральная структура ДНК грызунов нарушилась, но, к удивлению экспериментаторов, никакой особой склонности к образованию опухолей у животных не обнаружилось. Зато появился целый букет болезней, в том числе катаракта, мышечная дистрофия, быстрое уменьшение массы подкожной жировой ткани, прогрессирующее искривление позвоночника, сделавшее их похожими на одногорбых верблюдов. В среднем они умерли еще в относительно молодом возрасте.

Никаких объяснений этому явлению у ван Дерсена в то время не было. В 2002 г. он опубликовал статью о необычайно быстро стареющих грызунах с фотографиями, на которых было отчетливо видно, как у них появляется и растет горб. Но ведь «одногорбые» генетически модифицированные мыши тоже быстро стареют! Продолжив исследования, ван Дерсен с коллегами обнаружили, что клетки некоторых тканей таких животных преждевременно переходят в состояние физиологического старения— перестают делиться. Это объясняло все те аномалии, которые наблюдались у генетически модифицированных мышей.

Затем ван Дерсен с сотрудниками внесли в геном своих подопытных животных дополнительные изменения, благодаря которым стареющие клетки устранялись сразу после появления. Процесс старения замедлился. Все эти данные, обнародованные в ноябре 2011 г., вдохнули новую жизнь в высказанную более 50 лет назад гипотезу, согласно которой утрата клетками способности к делению приводит к старению организма. Работа Дерсена привлекла к себе внимание и по другой причине. Клеточное старение, долгое время считавшееся защитой от рака, теперь обернулось к нам другой стороной: останавливая опухолевый рост, оно запускает другие губительные процессы.

#### Утомленные жизнью

История изучения физиологически стареющих клеток полна сюрпризов, открытий и разочарований. Вначале думали, что они просто исчерпывают свой репликационный потенциал. Леонард Хэйфлик (Leonard Hayflick), один из тех, кто открыл состояние физиологического старения, установил в 1961 г., что у человека «отсчет» начинается после 50 раундов репликации. Он предположил, что это запускает процесс старения организма в целом, поскольку возникает дефицит клеточного материала, замещающего клетки поврежденных тканей. Кроме того, Хэйфлик высказал гипотезу, что клетки внутренне запрограммированы на прекращение деления при неблагоприятных обстоятельствах.

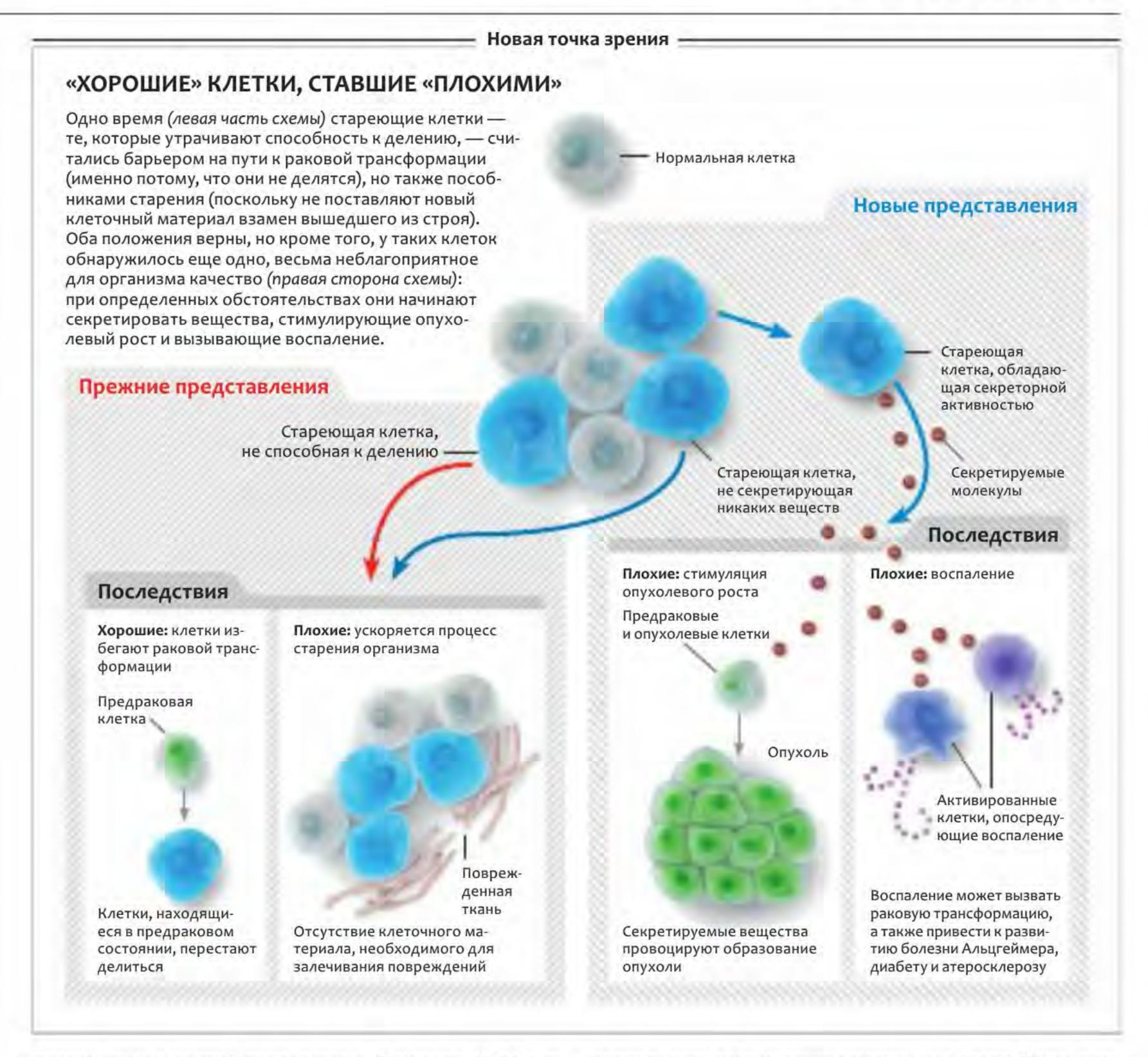
Гипотеза причастности физиологического старения клеток к общему старению организма получила мощную поддержку после открытия в 1980-х гг. «молекулярных часов». Обнаружилось, что при каждом делении происходит укорочение теломер — концевых областей хромосом; когда теломеры становятся слишком короткими, клетка перестает делиться.

Позже, однако, появились противоречащие теории факты. В конце 1990-х гг. в разных лабораториях было показано, что способность к делению клеток кожи с возрастом не утрачивается. Это может означать, что за время жизни организма «предел Хэйфлика» достигается не всегда. Далее обнаружилось, что теломеры мышиных хромосом очень длинны и, возможно, за время жизни животного не успевают укоротиться в достаточной степени. В 2001 г. два геронтолога, Харриет и Дэвид Гершон (Harriet & David Gerchon), категорично заявили, что теломерную теорию старения «следует признать несостоятельной».

Между тем уже накопилось довольно много свидетельств в пользу того, что физиологическое старение

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Стареющие клетки те, которые постепенно утрачивают способность к делению, когда-то считались пособниками старения организма в целом, поскольку подрывали репарационные процессы. Они переходили в эту категорию, чтобы избежать превращения в раковые клетки.
- Позже гипотеза участия стареющих клеток в общем процессе старения была отвергнута, но сегодня получила свое подтверждение.
- Согласно последним данным, эти клетки действительно способствуют старению, а кроме того, стимулируют воспаление. Что еще хуже, они инициируют раковую трансформацию соседних клеток.
- Предварительные результаты опытов на мышах позволяют предположить, что замедление клеточного старения отсрочивает возникновение некоторых возрастных болезней.



клеток имеет другие последствия. К началу 1990-х гг. выяснилось, что для предотвращения бесконтрольного деления клеток, подвергшихся, например, облучению, в них запускается процесс перехода в стадию физиологического старения, чтобы избежать раковой трансформации. А обработка клеток веществами, повреждающими ДНК, может привести к полному блокированию пролиферации. И, наконец, в 1997 г. группа биологов, возглавляемая Мануэлем Серрано (Manuel Serrano), который сейчас работает в Испанском национальном онкологическом центре в Мадриде, показала, что состояние старения может возникать под действием периодических внутриклеточных сигналов, побуждающих клетку к делению. За такую изнуряющую «гонку» отвечают гены, содержащие онкогенные мутации.

Данное открытие наводит на мысль, что в клетках существует некий противораковый механизм, который непрерывно отслеживает повреждения, способные

подтолкнуть их к неконтролируемому росту. Когда признаки таких повреждений нарастают до критического уровня, механизм может прервать деление и перевести клетку в состояние старения, что позволяет ей устранить повреждения и перейти в «дремлющее» состояние.

#### Пособники рака

Затем случилось неожиданное: ряд исследователей, среди которых Джудит Камписи (Judith Campisi), работающая сегодня в Институте Бака по исследованию старения в Новато, штат Калифорния, обнаружили, что стареющие клетки иногда провоцируют раковую трансформацию. Камписи предположила, что они вовсе не бездействуют, впав в «старческое слабоумие», а иногда активно участвуют в раковой трансформации и вызывают множество повреждений.

Первые свидетельства такого коварства появились в конце 1990-х гг.: обнаружилось, что стареющие клетки могут наносить повреждения своим ближайшим соседям. В 2001 г. Камписи получила подтверждение своей идеи; она продемонстрировала удивительную способность таких клеток, растущих в культуре, подталкивать другие клетки, находящиеся в предраковом состоянии, образовывать необычайно агрессивные опухоли при введении их мышам. Данный феномен объясняется тем, что многие стареющие клетки секретируют целую коллекцию потенциально опасных веществ, в том числе таких, которые стимулируют клеточную пролиферацию и расщепляют внеклеточные белки, окружающие и поддерживающие клетку. Аналогичные ферменты вырабатывают метастазирующие раковые клетки, когда прокладывают себе путь в окружающих тканях. В 2009 г. Камписи получила еще одно подтверждение своей теории, назвав наблюдаемый феномен «связанным со старением секреторным фенотипом» (senescence-associated secretory phenotype, SASP).

Почему же клетки, долгое время считавшиеся защитниками от рака, начинают провоцировать его? За объяснением Камписи обратилась к процессу заживления ран. Как ни странно, он в чем-то сходен с онкогенезом. Так, в обоих принимают участие фибриллярные белки: они образуются, когда происходит утечка из крови предшественников факторов свертывания крови и их полимеризация. Патологоанатом Харолд Дворак (Harold Dvorak) из Медицинской школы Гарвардского университета, пораженный таким сходством, высказал смелую идею, что опухоли перехватывают сигналы, оповещающие организм о нанесении ему раны, и используют их в своих целях, а именно — для ускорения роста и деления. Благодаря этой макиавеллиевой тактике организм воспринимает опухоль как «незаживающую рану, которую он все время залечивает и никак не может залечить».

Рассмотрим теперь, какое участие принимают стареющие клетки в заживлении ран. Когда рана появляется, некоторые клетки в ее ближайшем окружении переходят в состояние старения и запускают воспалительный процесс — первую стадию залечивания. Она включает секрецию особых химических веществ — цитокинов, которые привлекают к пораженному месту иммунные клетки и стимулируют их к борьбе с инфекцией и удалению погибших клеток и их обломков. Здоровые клетки пролифелируют, замещая утраченные, и начинается процесс затягивания раны, в ходе которого стареющие клетки секретируют ферменты, расщепляющие фибриллярные белки временного каркаса; такое расщепление способствует уменьшению размера рубца.

Собрав воедино все данные, Камписи предположила, что эволюция, используя стареющие клетки для блокирования избыточной пролиферации, параллельно приспособила их для залечивания ран, добавив к их репертуару секреторную активность. К сожалению, последнее превратило их в партнеров раковых клеток, которые используют программу залечивания ран для своего роста. Что не менее прискорбно, их способность поддерживать воспаление может превратить весь организм во «взрыво-опасную» систему, в которой создаются благоприятные

условия для развития не только рака, но также атеросклероза, болезни Альцгеймера, диабета II типа и многих других старческих недугов.

#### Пособники старения

Как только стало ясно, что стареющие клетки могут ускорять раковые процессы, биологи занялись поисками свидетельств их роли в старении. Обнаружилось, что они встречаются особенно часто в тканях, где чтото не в порядке, а также в организме, достигшем определенного возраста. В 2006 г. было показано, что нормальный процесс возрастного угасания активности иммунной системы сопровождается старением стволовых клеток, постоянно пополняющих пул разного рода иммунных клеток.

Некоторые из этих наблюдений было бы невозможно сделать без идентификации специфических показателей присутствия стареющих клеток. Один из них — повышение содержания белка, кодируемого геном p16. Этот ген идентифицировал в 1993 г. Дэвид Бич (David Beach) из Лондонского университета; позже он показал, что продукт этого гена останавливает деление клетки, когда в ней возникают повреждения.

Норман Шарплесс (Norman E. Sharpless) из Медицинской школы Университета Северной Каролины и его группа исследовали корреляцию между содержанием белка р16 в организме и старением. Они показали, в частности, что с возрастом в клетках грызунов и человека становится все больше данного белка, и это коррелирует с утратой способности клеток к пролиферации и устранению повреждений. В 2004 г. ученые сообщили, что подобная картина наблюдается во всех тканях грызунов, причем процесс можно замедлить, ограничив потребление калорий (как известно еще с 1930-х гг., это увеличивает продолжительность жизни и улучшает самочувствие). Через пять лет Шарплесс с сотрудниками обнаружили, что с возрастом у человека резко увеличивается содержание белка р16 в иммунных Т-клетках. Интересно отметить, что аналогичный подъем происходит у курящих людей и тех, кто ведет малоподвижный образ жизни, - по-видимому, такое поведение ускоряет клеточное старение. У самого Шарплесса, которому всего 45 лет, содержание р16 оказалось вдвое выше, чем у его студентов.

В 2006 г. он сообщил ряд интересных фактов о пожилых мышах с неактивным геном p16. По содержанию стареющих клеток они напоминали более молодых животных и прекрасно регенерировали клетки поджелудочной железы, поврежденные токсичными веществами, а также эффективнее, чем их собратья с работающими p16-генами, восстанавливали нервные клетки в некоторых отделах головного мозга. Кроме того, у них в более позднем возрасте происходило истощение регенеративного потенциала стволовых клеток.

Исследования последних пяти лет позволяют предположить, что генетические различия, которые влияют на количество образуемого в организме белка *p16*, а следовательно, и скорость перехода клеток в состояние

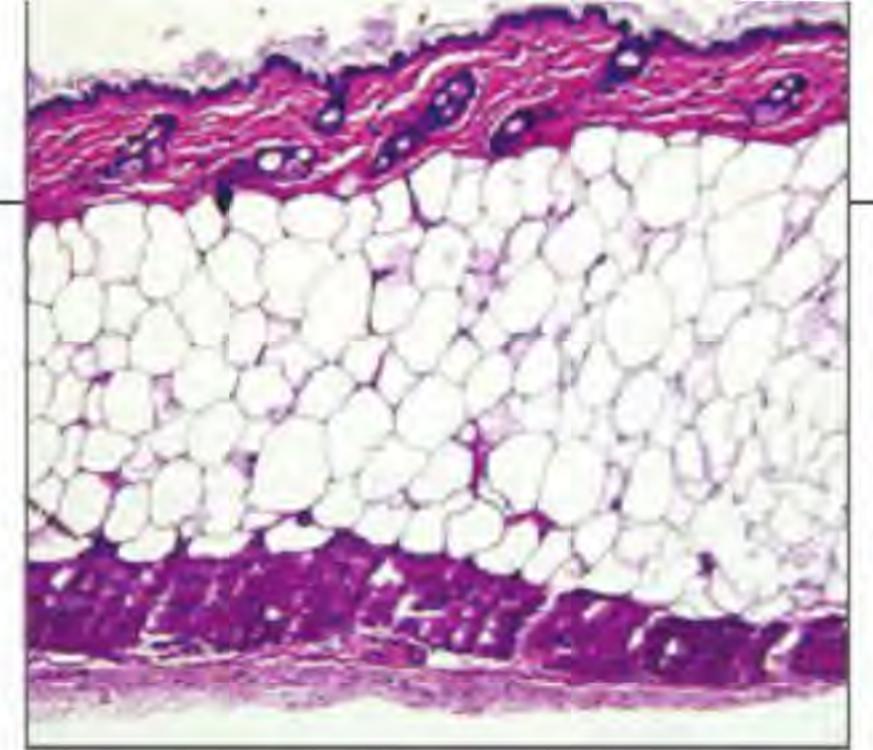




Иллюстрация роли стареющих клеток в общем процессе старения организма. У мышей, способных удалять стареющие клетки, подкожная жировая прослойка сохраняется (белые клетки, верхний рисунок), в отличие от грызунов, не обладающих такой способностью (нижний рисунок)

старения, определяют риск развития многих возрастных заболеваний, в частности атеросклероза и болезни Альцгеймера. По мнению Шарплесса, эти крайне интересные наблюдения пробудили интерес клиницистов к р16. Можно надеяться, что они помогут прояснить ситуацию с исследованиями, в которых стареющие клетки рассматриваются как виновники возрастных изменений в организме.

Впрочем, в Клинике Майо уже получено прямое свидетельство целесообразности изучения клеточного старения. Ван Дерсен и его коллеги вырастили генетически модифицированных мышей, которые содержали хромосомные аберрации, ведущие к преждевременному старению, и кроме того, несли ген, опосредующий особую чувствительность стареющих клеток к некоему токсичному препарату при условии, что их р16-гены находятся в активном состоянии. На более молодые клетки с неактивным р16-геном препарат никакого влияния не оказывал. Прием препарата в течение всей жизни приводил к уничтожению стареющих клеток и отсрочивал истончение подкожной жировой прослойки, уменьшение мышечной массы, развитие катаракты и других возрастных патологий. Если лечение начиналось в более позднем возрасте, то эффект был не столь заметен.

Данные результаты сами по себе не доказывают, что устранение стареющих клеток при нормально протекающем процессе старения полезно для человека и продлевает его жизнь. Как заметила Камписи, из них не следует, что стареющие клетки ускоряют естественное старение: подопытные мыши в старости ничем не отличались от своих обычных собратьев. Фактически отсутствие

#### **ЗДРАВООХРАНЕНИЕ**

стареющих клеток не устраняет основных причин смерти грызунов — сердечно-сосудистых заболеваний — и не продлевает им жизнь.

#### Хорошо забытое старое

Но допустим, что когда-нибудь ученые установят, что уменьшение количества стареющих клеток у человека все-таки замедляет старение организма в целом и отсрочивает наступление возрастных изменений. Все равно остается нерешенным вопрос безопасности вмешательства в естественный ход событий.

Для того чтобы провести на человеке эксперименты, аналогичные таковым на мышах, нужно внести изменения в геном плода или даже эмбриона. Вряд ли это удается осуществить в ближайшее время, а возможно, не удастся вообще. Простая инактивация гена р16 может привести к повышению скорости пролиферации клеток и в итоге к раку. Возможно, однако, что проблема разрешится неожиданно простым способом.

Тот факт, что у заядлых курильщиков и людей, ведущих малоподвижный образ жизни, содержание белка р16 повышено, наводит на мысль, что отказ от дурных привычек может предотвратить повреждение молекул, ускоряющих клеточное старение. Такой же результат может дать переход на низкокалорийную диету и сброс лишнего веса. Ван Дерсен и его коллега Джеймс Киркленд (James Kirkland) предположили, что предшественники жировых клеток (преадипоциты) инициируют уживотных сизбыточным весом переход в состояние, сходное со старением, поскольку имеют тенденцию к массовому старению и, в соответствии с теорией Камписи, поддерживают небольшое воспаление во всех органах и тканях.

Имеются также указания на то, что лекарственный препарат рапамицин замедляет клеточное старение, не провоцируя при этом раковой трансформации. Интересно, что мыши, которым длительное время его дают, живут дольше. А недавно Камписи показала, что некоторые противовоспалительные средства подавляют разрушительную активность стареющих клеток через SASP-механизм. И все-таки на сегодня самый безопасный и верный способ противостоять их действию состоит в отказе от курения, рациональном питании и физической активности.

Перевод: Н.Н. Шафрановская

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Four Faces of Cellular Senescence. Francis Rodier and Judith Campisi in Journal of Cell Biology, Vol. 192, No. 4, pages 547-556; February 21, 2011. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21321098
- Clearance of p16<sup>Ink4a</sup>-Positive Senescent Cells Delays Ageing-Associated Disorders. Darren J. Baker et al. in Nature, Vol. 479, pages 232-236; November 10, 2011.

## МЫ НЕ ВОЛШЕБНИКИ, МЫ ТОЛЬКО УЧИМСЯ!

Передо мной лежит аккуратная белая трубочка причудливой формы. «На что похоже? Угадайте!» — спрашивает доктор химических наук, руководитель отделения кристаллографии и материаловедения Курчатовского НБИКС-центра Сергей Николаевич Чвалун. Оказывается, это синтетический сосуд, выполненный из искусственного нетканого материала, чудо современной биотехнологии — так называемый матрикс, о каких еще 10–15 лет назад мечтали фантасты. А проще говоря, это искусственная трахея: сосуд может успешно заменить этот жизненно важный орган.

#### Конструкторы

Профессор демонстрирует хитрый способ, которым она производится. В лаборатории полимерных материалов царит таинственный полумрак, из которого проступает светящийся прозрачный куб. Внутри — вращающаяся конструкция, отдаленно напоминающая веретено. Это не случайно: здесь прядут тончайшее нетканое волокно, которое нанизывается почти невидимыми нитями на металлический каркас. Такой способ получения полимера называется электроформованием, когда за счет приложенного высокого напряжения из растворов вытягиваются тончайшие нановолокна, покрывающие исходную заготовку.

В нынешнем году в одной из больниц Краснодара на основе подобной разработки были сделаны две не имеющие аналогов первые в мире операции по пересадке искусственной трахеи. Девочка со злокачественной опухолью трахеи и солдат, получивший стреляную травму этого жизненно важного органа, в результате операции обрели вторую жизнь. Сейчас они проходят период реабилитации, и прогнозы, по мнению специалистов, хорошие. Если все закончится успешно, то можно будет говорить о массовом внедрении метода в практическое здравоохранение, что станет для многих ранее безнадежных больных настоящим спасением.

«Одна из основных глобальных целей работы Курчатовского
НБИКС-центра — синтез "природоподобных" систем и процессов, в перспективе — создание антропоморфных
технических систем. Именно конвергентные нано-, био-, инфо-, когнитивные и социогуманитарные (НБИКС) науки и технологии открывают возможность адекватного воспроизведения систем



данный на основе таких полимеров.

НБИКС-центра — прототип искусственной трахеи, соз-

лидеров производства матриксов, и усовершенствование

разработки продолжается.

#### **БИОМЕДИЦИНА**

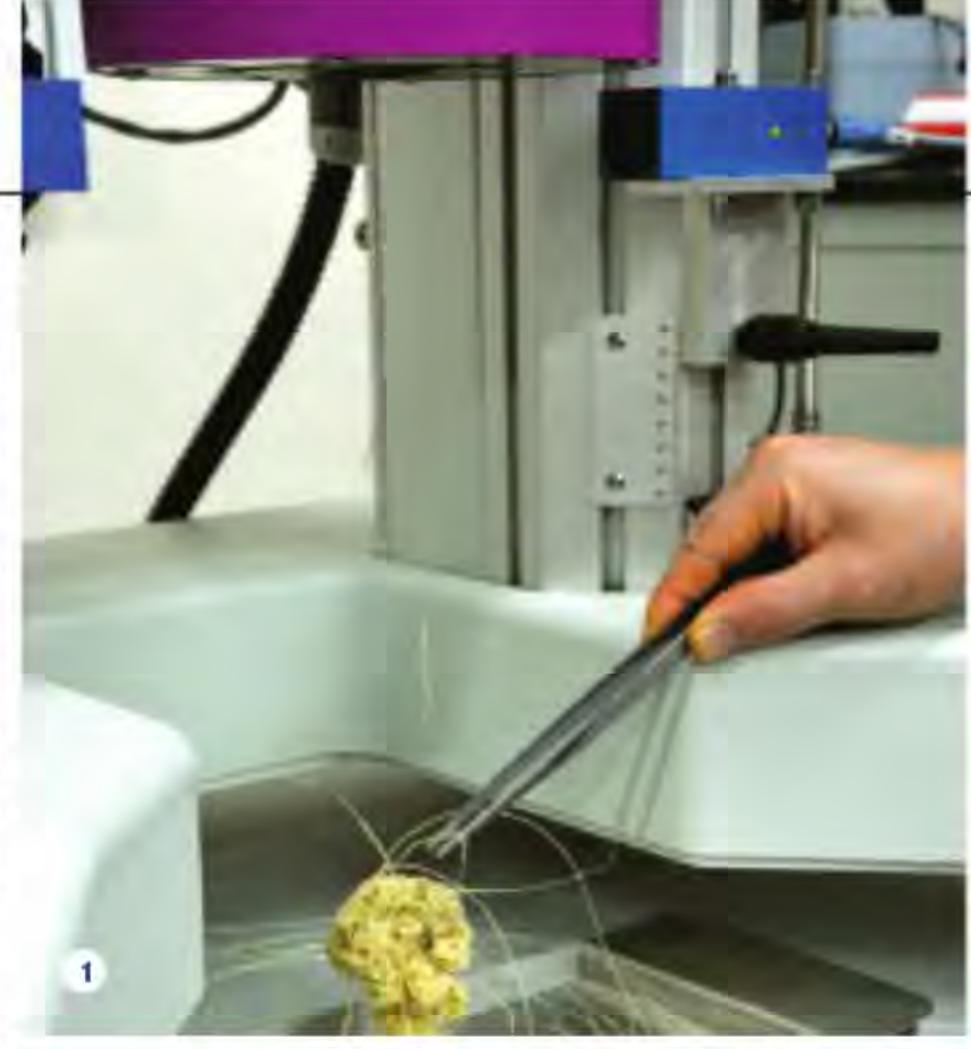
В лаборатории полимерных материалов Курчатовского НБИКС-центра с помощью специальной установки испытывается механическое поведение искусственной трахеи, например ее усталостные характеристики, которые определяются циклическими деформациями (в живом организме трахея сжимается и разжимается более 20 тыс. раз в сутки). Проводится сравнение свойств натурального и искусственного хрящей. У искусственного свойства пока хуже. У натурального в момент нагрузки и разгрузки свойства практически не меняются, никаких механических потерь нет, а с искусственным добиться такого эффекта пока не получается. Однако перед исследователями стоит задача сделать этот гистерезис как можно ниже. Есть и заметные плюсы: синтетический хрящ можно хранить бесконечно долго, в то время как настоящий изнашивается, сохнет. Обычный хрящ растет 30 лет, а искусственный можно сформировать за пять минут — нужно лишь задать форму и размер.

За рубежом создают такую копию-клон естественного хряща с помощью МРТ-диагностики. Это очень дорогостоящий и тонкий метод. Наши врачи предлагают альтернативу: достаточно знать размер трахеи, чтобы

#### Количество людей, которым по медицинским показаниям требуется удаление трахеи, достигает нескольких сотен в год

создать нужный искусственный орган. Покупая одежду или обувь, мы далеко не всегда снимаем у портного точные мерки, чаще идем в магазин и, зная свои параметры, примеряем и покупаем то, что нужно. Так же и с внутренними органами: подбирается трахея, скажем, третьего, пятого или седьмого размера — а результат практически тот же, при этом затрат намного меньше.

Сейчас в Минпроме лежит проект по созданию искусственных желчных протоков - маленьких трубочек, которые часто повреждаются, например, при резекции желчного пузыря. В ближайшем будущем это станет возможным и для различных сосудов. По словам С.Н. Чвалуна, таким способом можно будет выращивать множество «запчастей» для человека. Нет ничего незаменимого. «Мы не волшебники, мы только учимся», — скромно заявляет профессор. По его словам, и ученые-разработчики, и российские хирурги уже сегодня готовы начать такие очень востребованные операции — ведь количество людей, которым по медицинским показаниям требуется удаление трахеи, достигает нескольких сотен в год. После такой операции сегодня человек, как правило, становится тяжелым инвалидом, могущим дышать лишь через специальную трубочку, вставленную в дыхательные пути. С помощью же новой методики пациента удается полностью вылечить. Дело за медицинскими чиновниками, которые дали бы этим разработкам «зеленую улицу».







#### Губка из кальмара

Матриксы — далеко не единственная биомедицинская задача специалистов Курчатовского НБИКС-центра. Здесь производятся, пока в небольшом количестве, хирургические нити с иной пластикой, которые не режут кожу, губки на основе природных полимеров - в частности хитозана с коллагеном. Подобная наногубка хороша, например, как ранозаживляющее средство при ожогах, обморожениях, трофических язвах. Ее не нужно снимать — подобно искусственной коже, она впитывается в кожу, заодно наполняя больное место различными лекарственными и обезболивающими веществами. Такие «лечебные салфетки» прошли испытания в ожоговом центре Института им. Вишневского, осталось лишь внедрить их в клиническую практику. Скажем, если бы такие чудо-бинты из наногубки были на вооружении врачей скорой помощи и сотрудников МЧС, то многих жертв пожара в «Хромой лошади» удалось бы спасти. А если такие волшебные пластыри появятся в свободной продаже в обычных аптеках, можно будет забыть о различных бытовых ожогах, иногда довольно тяжелых, особенно у маленьких детей.

**С.Н. Чвалун:** «Вообще для биомедицинских полимеров важны биосовместимость материала и часто его









биоразложение. В мировой медицине уже много лет используются биоразлагаемые хирургические нити, пластины для челюстно-лицевой хирургии, различные штифты для операций на суставах и позвоночнике, которым не требуется последующее удаление, поскольку за год-полтора они полностью разлагаются. К сожалению, пока в России такие продукты не выпускаются, хотя все возможности для этого имеются».

Т.Е. Григорьев, заместитель С.Н. Чвалуна, занимается как раз изучением биосовместимых материалов на основе природных полимеров — таких как целлюлоза, коллаген, хитин, хитозан, которые, например, могут выделяться из панцирей крабов, грибов и тараканов. Частично эти вещества в лаборатории выделяют сами — для этого используют кальмаров. «Это возобновляемый ресурс, поэтому его хочется использовать, и это очень перспективное направление для раневых покрытий, гемостатических, болеутоляющих, ранозаживляющих средств», -поясняет Т.Е. Григорьев. Он показывает образцы — пористые материалы, полученные из биополимеров. На ощупь они напоминают мягкий пенопласт, но, в отличие от него, состоят не из множества маленьких шариков, а из микропор размером от 10 до 50 микрон, которые

- 1. Хирургическая нить из биоразлагаемого полимера с регулируемым временем рассасывания
- 2. Контроль стабильности приготовленных суспензий
- 3. Обработка (получение) полимерных микрокапсул для направленной доставки препарата
- 4. Суспензия полимерных биоразлагаемых наночастиц для доставки лекарственных средств
- 5. Образцы раневых и противоожоговых покрытий из природных полимеров (с иммобилизованными бактерицидными и лекарственными средствами)
- 6. Синтезированный сополимер молочной и гликолевой кислоты с регулируемой молекулярной структурой
- 7. Электроформование матрикса-шаблона для выращивания клеточной культуры на эндопротезе

интеркалированы — соединены между собой. Этот материал отлично сорбирует различные лекарственные соединения, к нему моментально прилипает раневое отделяемое. Если добавлять различные факторы роста, то белок повышает свою термическую стабильность. Т.Е. Григорьев демонстрирует небольшую хитозановую губку с фактором роста костей, внешне напоминающую пластырь. Из нее можно вырастить, например, новую челюсть — и об искусственных имплантах, а тем более

съемных протезах, которые на ночь кладут в стакан, можно будет забыть как о страшном сне. За рубежом такую технологию уже активно используют в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, у нас же она существует пока лишь в виде лабораторной разработки.

#### Наношарики лечат мозг

В лаборатории широко используются многолетние наработки Института кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН в области нанокапсулирования и адресной доставки препаратов. Сегодня здесь получают как нановолокна, так и наночастицы и нанокапсулы биоразлагаемых полимеров, с помощью которых осуществляется активный или пассивный транспорт лекарственных средств. Методами химического процессинга ученые сначала изготовляют эмульсию полимера-растворителя, а затем получают микро- и наносферы из различных полимеров. Затем в раствор помещается лекарственное вещество, и путем обычной инъекции в мышцу или вену осуществляется доставка нужных веществ в тот или иной орган.

В случае внутримышечной инъекции лекарство, сделанное из микронных частиц, будет иметь длительное, пролонгированное действие — от нескольких месяцев до года. Более мелкие наночастицы способны прони-

# Разрабатываемые полимерные материалы имеют огромные перспективы применения, например, для производства сенсоров нового поколения

кать через клеточную мембрану прямо в клетку и врачевать пораженный орган. Если клетка «больна», например, раком, то проходимость через мембрану очень высокая, и 80–100-нанометровая частица, наполненная лекарством, преодолевает ее достаточно легко. Сегодня в лаборатории идет большая экспериментальная работа по направленной активной доставке таких частиц. Если лекарство необходимо доставить, скажем, непосредственно в мозг, как бывает при инсультах, то инъекция делается в шейную артерию — и транспорт спасительных веществ происходит почти моментально.

С.Н. Чвалун: «Эта разработка уже нашла свое практическое применение. Налажено сотрудничество с одной российской фармацевтической компанией, по заказу которой разработан метод получения лекарственных форм в виде наночастиц, транспортируемых непосредственно в мозг. Эти препараты, уже имеющиеся на фармацевтическом рынке, незаменимы для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также с психосоматическими проблемами, например при шизофрении, алкоголизме или наркомании.

Разрабатываемые полимерные материалы имеют огромные перспективы применения. Ясно, что это далеко не только биомедицина, но и различные композици-

онные материалы — как конструкционные, так и функциональные, необходимые, например, для производства сенсоров нового поколения. Создание новых материалов для нано-, био-, информационных и когнитивных технологий — это та самая конвергенция, о которой сейчас так много говорят.

Трехэтажный корпус, где разместилась лаборатория полимерных материалов, находится рядом с единственным в России специализированным синхротронным источником — ядром, вокруг которого развивается Курчатовский НБИКС-центр. Подобных по набору суперсовременного оборудования лабораторий в мире очень мало, а близость к источнику синхротронного излучения — важнейшего инструмента для исследования структуры материалов делает ее по-настоящему уникальной. Исследовательская и технологическая база Курчатовского НБИКС-центра помимо синхротрона включает в себя источник нейтронов, лаборатории электронной и зондовой микроскопии, белковой кристаллографии, геномных и когнитивных исследований, нейронаук, отдел прикладных нанотехнологий и технологический комплекс твердотельной микроэлектроники, мощный суперкомпьютерный вычислительный центр обработки данных и т.д. Крайне важно, что такие исследовательские возможности сосредоточены под крышей одного центра. Самое удивительное, что еще два года назад даже корпуса, где сегодня находится лаборатория полимерных материалов, не было.

Благодаря идеям и усилиям директора НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчука сегодня в НБИКСцентре междисциплинарный коллектив ученых ведет исследования по всему спектру конвергентных наук и технологий: от кристаллизации белков (в том числе в космосе) и расшифровки структуры белка с использованием синхротронного излучения до создания гибридных материалов и устройств, включая гибридные сенсоры расшифровки генома, создания этногенетической карты России и др. Это очень интересные и перспективные задачи, крайне важно и то, что под рукой исследователей самое современное оборудование. Не случайно в отделении кристаллографии и материаловедения трудится большой коллектив энергичных, талантливых и довольно молодых людей. Тем сильнее желание увидеть все эти выдающиеся разработки как можно скорее внедренными в практическое здравоохранение, чтобы они помогали многим людям.

Подготовила Наталия Лескова

- 8. Отработка режимов формования хирургической нити с бактерицидным покрытием
- Приготовленные микрокапсулы для управляемой доставки лекарств
- 10. Циклические испытания механических свойств прототипа эндопротеза
- 11. Исследование морфологии микро-и нанокапсул с помощью атомно-силовой микроскопии









#### Справка

Сергей Николаевич Чвалун — доктор химических наук (1995), профессор (2001), в 1978 г. с отличием окончил факультет молекулярной и химической физики Московского физико-технического института, в 1981 г. — аспирантуру того же факультета по специальности «Химическая физика». В настоящее время возглавляет отделение кристаллографии и материаловедения НБИКС-центра НИЦ «Курчатовский институт». Научные интересы С.Н. Чвалуна лежат в области физической химии высокомолекулярных соединений. Основное направление работ — установление взаимосвязи между химическим строением, надмолекулярной организацией и физико-химическими характеристиками полимеров и композиционных материалов, что позволило разработать методы управления их структурой и свойствами. Автор более 170 статей в рецензируемых научных журналах, 15 патентов, в том числе четырех зарубежных.

С.Н. Чвалун — член Научного совета РАН по высокомолекулярным соединениям, двух специализированных докторских советов и ряда экспертных советов, член редколлегии журнала «Кристаллография», руководитель и координатор ряда научных проектов, осуществленных при поддержке российских и международных организаций (ОХНМ РАН, ФАНИ, РФФИ, ИНТАС и др.) Под его руководством защищено 14 кандидатских диссертаций. Будучи профессором МФТИ и МИТХТ, читает курс лекций по физической химии полимеров и по основам молекулярного моделирования.



# 10Р-врачи спешат на помощь



оссийские ученые дают все больше шансов на исцеление ранее безнадежным больным. В НБИКС-центре Курчатовского инстиитута научились выращивать искусственную трахею для пациентов, которым по медицинским показаниям необходимо удаление этого жизненно важного органа. Внедрить единственную в своем роде разработку в практическое здравоохранение врачи готовы хоть завтра, однако это непросто и требует долгой бюрократической волокиты. Несмотря на все сложности, ЛОР-врачи Боткинской больницы разработали и применяют на практике другую методику восстановления проходимости гортани и трахеи, которая возвращает к нормальной жизни сотни пациентов



#### Жертвы военного времени

Отделение появилось полвека назад, сразу после Великой Отечественной. Тогда вернулось множество фронтовиков, обезображенных войной, ставших тяжелыми инвалидами, получивших ранения в лицо, в гортань, потерявших не только слух, зрение, голос, но и возможность нормально, качественно жить. Для того чтобы вернуть их к полноценной жизни, в Боткинской больнице впервые в мире начали разрабатываться новые ЛОР-методики, сюда приезжали не только со всей страны, но и из-за границы — из Чехословакии, Болгарии, Греции, Кубы.

Организовала отделение профессор А.И. Юнина, которая стала одной из родоначальниц отечественной школы восстановительной хирургии ЛОР-органов. Ее имя стало известным на весь мир после того, как она вылечила японскую девушку, получившую стеноз гортани из-за последствий атомного взрыва в Хиросиме. Самостоятельно дышать она не могла и делала это только через специальную трубку — таких пациентов называют хроническими канюлярами. В больницу ее привезли в тяжелом состоянии, однако после нескольких восстановительных операций девушка вернулась к полноценной жизни, впоследствии вышла замуж, родила ребенка и несколько раз приезжала к своим врачам в Россию, где ей подарили вторую жизнь.

В мирное время пациентов, нуждающихся в помощи отоларингологов, меньше не становится. Это люди, перенесшие тяжелые травмы, ранения, состояние комы,

попавшие в ДТП и оказавшиеся на реанимационной койке. Недаром реаниматологи отмечают, что в последние 10–15 лет работы у них существенно прибавилось. Большинство таких пациентов после процедуры протезирования жизненно важных функций долгое время находятся на аппарате искусственной вентиляции легких (ИВЛ), что нередко приводит к развитию тяжелых осложнений и даже летальному исходу.

Одно из таких осложнений может возникнуть, если спустя определенное время после проведения интубации у пациента развивается угрожающее жизни состояние — стеноз гортани и трахеи, когда верхние дыхательные пути не могут работать самостоятельно. Такой человек может задохнуться в считанные минуты. Хотя выпущено множество методических пособий по профилактике постинтубационных стенозов гортани, осложнение случается очень часто.

#### Канюляры

Как избежать стеноза? Прежде всего, не допустить его. Существует ряд методик трахеостомии, однако в отделениях реанимации, как правило, применяют наиболее популярные — трахеостомию по Бьерку или модную сегодня дилатационную трахеостомию. В результате пациенты в большинстве случаев остаются с разрывами в области операции с последующим формированием рубцовых стенозов. И это в то время, когда разработаны и описаны куда более оптимальные методики, например

подшивание трахеостомы к коже. Это наиболее адекватный метод, однако, к сожалению, он применяется лишь в тех случаях, когда ЛОР-врачи приходят в реанимацию и там оперируют. Обычные хирурги этот метод, как правило, не применяют.

Есть и другие проблемы, приводящие к осложнениям: например, когда больному не подходят форма, размер и материал интубационной трубки — ведь их существует множество, их надо подбирать, возиться, а это будет делать не каждый врач. Погубить больного может и неправильный уход за трахеостомой. Тяжесть интубационных повреждений статистически достоверно связана с продолжительностью интубации. Уже при нахождении трубки в гортани более 48 часов в подскладковом отделе создаются условия для развития воспаления, что ведет к формированию гранулем гортани. На четвертые сутки интубации у части больных выявляются деструктивные изменения в хрящевой ткани.

# Пациент после хирургической реабилитации (трахеопластики с трахеопексией) впоследствии живет нормальной жизнью и может забыть о своем тяжелом недуге

Очевидно, что жить с трубкой в горле невесело. Больных с трахеостомами различных конструкций, не всегда разговаривающих, а зачастую лишь свистящих и хрипящих, в Боткинской больнице предостаточно. Каждый день в перевязочном кабинете им делают промывания с антисептиками, чтобы не началось воспаление. Для дилетанта жутковатая процедура: когда из горла



Современный отоларинголог имеет уникальную возможность в буквальном смысле открыть пациенту «второе дыхание»

Несоблюдение правил, выполнение которых должен контролировать ЛОР-врач, нередко приводит к тому, что пациенты, выписанные из различных лечебных заведений после длительной ИВЛ и трахеостомии, спустя один–два месяца поступают в отделение реконструктивной хирургии с тяжелыми признаками дыхательной недостаточности. Нередко в отделение их привозят уже без сознания. Их направляют на экстренную трахеостомию: в гортань вставляют специальную трубку — трахеостому, которая позволяет пациентам дышать, а значит жить.

вынимают трубку, чтобы промыть рану, там зияет глубокая дыра. Именно так годами, десятилетиями жили стомированные пациенты — эту процедуру они нередко вынуждены были делать дома самостоятельно. Реабилитацией таких больных никто у нас в стране не занимался, а о методиках по восстановлению трахеи приходилось только мечтать. ЛОР-врачи Боткинской больницы первыми в мире разработали уникальные методики по восстановлению проходимости гортани и трахеи, тем самым осуществив мечту тысяч больных. Сегодня это

высокотехнологичные операции, позволяющие говорить о новом качестве оказания медицинских услуг. При наличии грануляционных разрастаний в гортани, «козырьков» в трахее проводится их эндоскопическое удаление с последующей деканюляцией. Нередко осуществляется хирургическая реабилитация — трахеопластика с трахеопексией. Такой пациент впоследствии живет нормальной жизнью и может забыть о своем тяжелом недуге. Но главное, по мнению врачей, не оперативное лечение, а профилактика стенозов, для чего ЛОР-врач должен быть частым гостем в отделениях реанимации. Ведь именно отоларинголог может заметить и предотвратить развитие таких тяжелых осложнений. К сожалению, эту несложную истину осознали далеко не во всех клинических больницах.



#### Справка

Нина Александровна Мирошниченко, доктор медицинских наук, заведующая 43-м отделением восстановительной хирургии ЛОР-органов Городской клинической больницы им. С.П. Боткина. Автор 81 научной работы, одного рационализаторского предложения. Под ее руководством защищены три кандидатские диссертации.



Подготовила Наталия Лескова

#### Мнение экспертов

Н.А. Мирошниченко, заведующая отделением восстановительной хирургии ЛОР-органов Боткинской городской клинической больницы, доктор медицинских наук:

— Мы провели анализ историй болезни тех, кто перенес длительную ИВЛ и трахеостомию в условиях реанимационных отделений больницы им. С.П. Боткина за несколько лет. Количество трахеотомий во всех реанимациях из года в год примерно на одном уровне — около 200. Часть пациентов по тяжести своего состояния навсегда остаются с трахеотрубками. Однако многих пациентов, ранее не имевших шансов на исцеление, нам удалось вылечить. О результатах нагляднее всего говорят цифры. Количества осложнений после ИВЛ в больнице распределились следующим образом: 2003 г. — девять стенозов, 2004 г. — пять стенозов, 2005 г. — два стеноза, 2006 г. — один стеноз. В последующие годы наблюдаются лишь единичные случаи стенозов. Таким образом, несмотря на рост количества пациентов, нуждающихся в проведении продленной ИВЛ, заметна явная тенденция к сокращению развития постинтубационных стенозов. Важно, что мы научились таких людей лечить. Но еще важнее то, что в Боткинской больнице реаниматологи работают в сотрудничестве с ЛОР-врачами. Именно это делает постинтубационные стенозы трахеи и гортани чрезвычайно редким явлением для нашей больницы. Здесь поняли: больные, находящиеся в отделениях реанимации более семи суток, нуждаются в постоянном наблюдении ЛОР-врача. В таких случаях мы обычно рекомендуем проведение динамической эндоскопической ларинготрахеоскопии, компьютерной томографии, адекватной антибактериальной терапии, активной санации, словом, выбираем оптимальный способ лечения больного, который приведет к его скорейшему выздоровлению, а не к развитию тяжелых осложнений или летальному исходу.

#### В.А. Кабанов, ЛОР-врач Боткинской больницы:

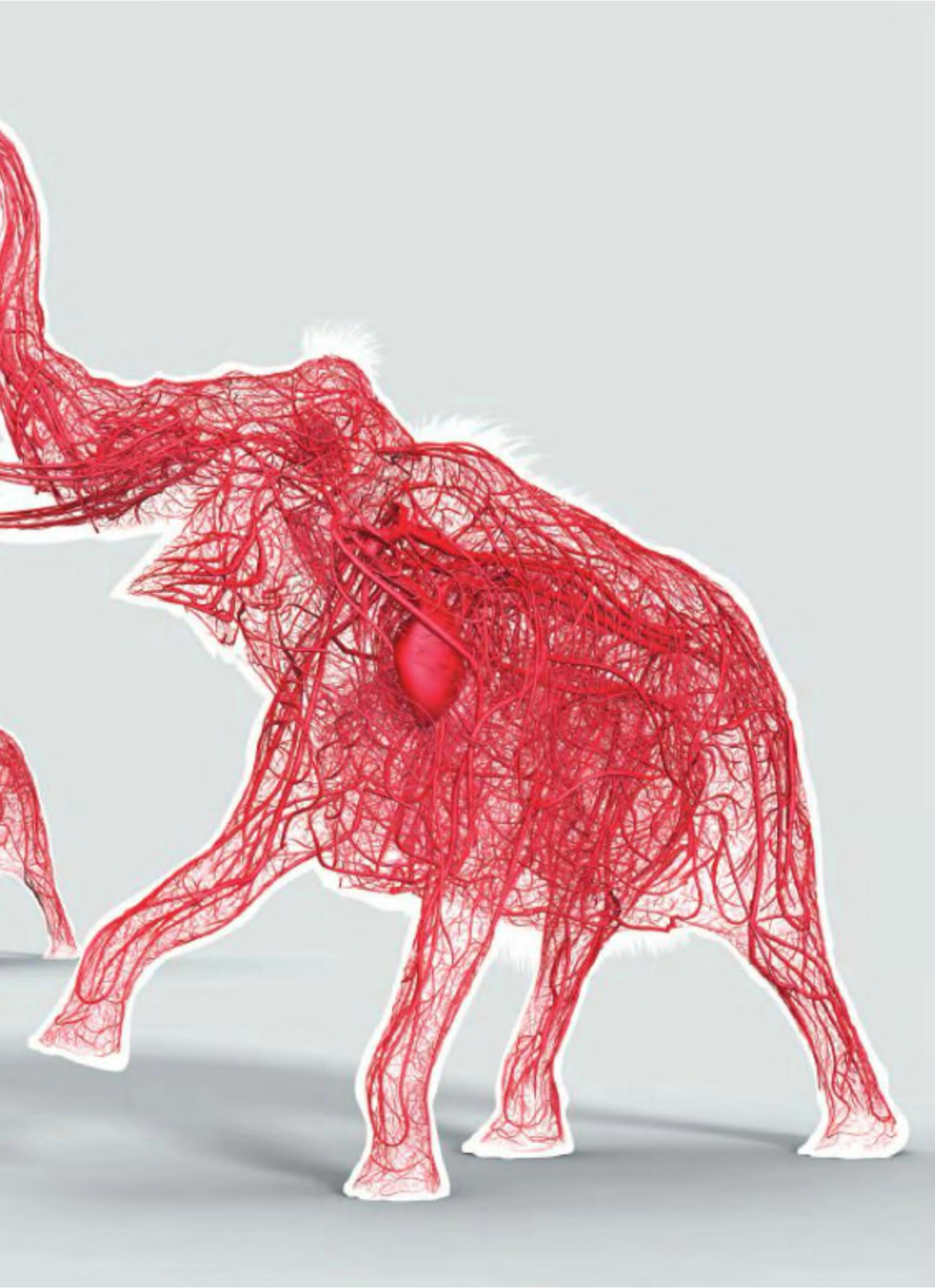
— Хорошо помню 20-летнего пациента из Приднестровья, который на мотоцикле врезался в грузовик. У него произошел подкожный разрыв трахеи и пищевода, началось кровохарканье. Пациент умирал. Но подоспела скорая, и в районной больнице ему сделали трахеостомию. Поскольку из-за разрыва пищевода он перестал глотать, поставили гастростому. В результате повреждения гортанных нервов и нарушения нормальной иннервации произошел еще и паралич гортани. С торчащими отовсюду трубками парень направился в Кишинев, где местная профессура порекомендовала сделать ларингэктомию — радикальную операцию по удалению гортани. Это калечащая процедура, которая делается при раках гортани. После этого, дескать, можно восстановить пищевод, хотя разговаривать такой больной уже не сможет, а вместо гортани у него будет воронка. Пострадавший решил приехать в Москву. Именно в Боткинской его спасли. Мы сделали ему последовательно пять реконструктивных операций, уникальных в своем роде, и в результате удалось его полностью восстановить, вернуть к нормальной жизни, о чем я докладывал на Международном хирургическом симпозиуме. Таких пациентов, которых удалось буквально вытащить с того света, у нас сотни. Однако не надо думать, что мы можем все. Все-таки человеческий организм, в отличие от автомобиля, лишен запасных частей, и подбирать замену жизненно важным органам очень сложно. Надо беречь свое здоровье, не подвергать жизнь бессмысленной опасности, как нередко делают наши пациенты. Если полвека назад большинство из них были инвалидами войны, то теперь — лихие наездники и наркоманы, в большинстве своем молодые люди, которым, казалось бы, жить да жить...

Кевин Кэмпбелл и Майкл Хофрайтер

# Новая жизнь древней ДНК

Последние достижения биотехнологии позволяют проникнуть в тайны функционирования организма давно исчезнувших животных





#### ОБ АВТОРАХ

**Кевин Кэмпбелл** (Kevin L. Campbell) — профессор Университета Манитобы в Канаде. Занимается эволюционной физиологией, в частности изучает гемоглобин ныне живущих млекопитающих, а также свойства и эволюцию реконструированных белков давно исчезнувших животных.



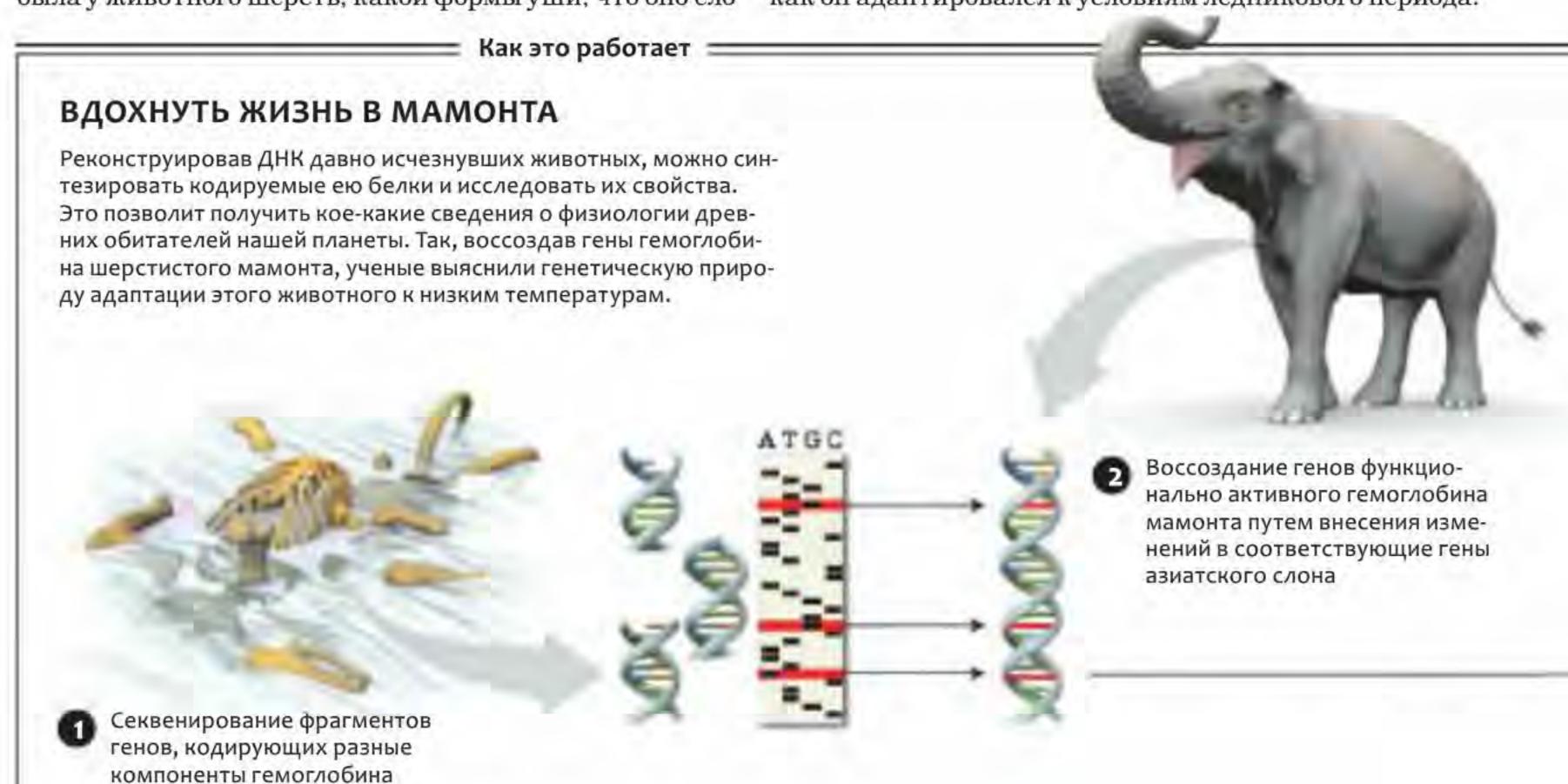
**Майкл Хофрайтер** (Michael Hofreiter) — профессор Йоркского университета в Англии. Основываясь на результатах сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей древних ДНК разного происхождения, пытается выяснить, как происходила адаптация животных к суровым климатическим условиям.



олее 150 лет палеонтологи, воссоздавая облик животных, когда-то населявших Землю, основывались на находках их твердых ископаемых останков — костей и зубов. Скелет или его фрагменты давали представление о размерах и форме исчезнувших животных; по отметкам на костях, оставшимся от места прикрепления к ним мышц, можно было судить о том, насколько сильным было существо и как оно двигалось; форма зубов и их истертость указывали на характер его питания. Так шаг за шагом ученые воссоздавали облик далеких предков современных обитателей Земли. Иногда им попадались хорошо сохранившиеся мумифицировавшиеся или долгое время пролежавшие в условиях вечной мерзлоты скелеты с остатками волосяного покрова и мягких тканей. Это добавляло новые детали к созданным конструкциям. Становилось ясно, какой длины была у животного шерсть, какой формы уши, что оно ело

на последний в жизни ужин. При всем обилии информации о физических характеристиках древних живых существ о физиологических процессах, поддерживавших в них жизнь, было известно крайне мало.

Сегодня этот разрыв понемногу заполняется. Колоссальные успехи биотехнологии позволяют восстанавливать генетический материал не существующих ныне животных и синтезировать кодируемые им белки — молекулы, которые составляют основу всех механизмов жизнеобеспечения организма. Такие исследования привели к появлению новой научной дисциплины — палеофизиологии, которая занимается изучением функционирования исчезнувших животных. Мы находимся в самом начале пути, но уже выяснили потрясающие подробности из жизни легендарного доисторического зверя — шерстистого мамонта: в частности, мы знаем, как он адаптировался к условиям ледникового периода.



### Из жары в холод

Для одного из нас (Кевина Кэмпбелла) стимулом к рискованному началу стал документальный фильм об эксгумации останков шерстистого мамонта из вечной мерзлоты на территории Сибири. Он посмотрел его в 2001 г. Ссылаясь на широко разрекламированный случай с клонированием овечки Долли, ученые мужи принялись рассуждать о возможности возвращения к жизни давно исчезнувшего колосса путем использования выделенной из его останков ДНК. Сам Кэмпбелл был далек от столь грандиозных замыслов. Он хотел «всего лишь» выяснить, как древние родственники нынешних азиатских слонов умудрились приспособиться к холодному климату высоких широт, где они обитали.

Как показало изучение ископаемых останков, предки шерстистых мамонтов были родом из субтропических равнин Африки и мигрировали в Сибирь менее 2 млн лет назад, с наступлением самого жестокого ледникового периода в истории Земли — плейстоценового. Серьезнейшей физиологической проблемой древних африканских слонов была постоянная угроза перегрева. Но с миграцией к северу и глобальным похолоданием все повернулось на 180°: теперь главной опасностью стало переохлаждение.

Поскольку почти все знания о биологии исчезнувших видов основывались на детальном изучении их окаменевших, замерзших или мумифицировавшихся останков, все рассуждения о механизме адаптации мамонтов к условиям низких температур поначалу ограничивались рассмотрением физических характеристик, например густоты волосяного покрова. Но физические параметры — это, возможно, самое несущественное из всего, что имеет отношение к адаптации. Основными факторами, обеспечившими выживание в столь суровых условиях,

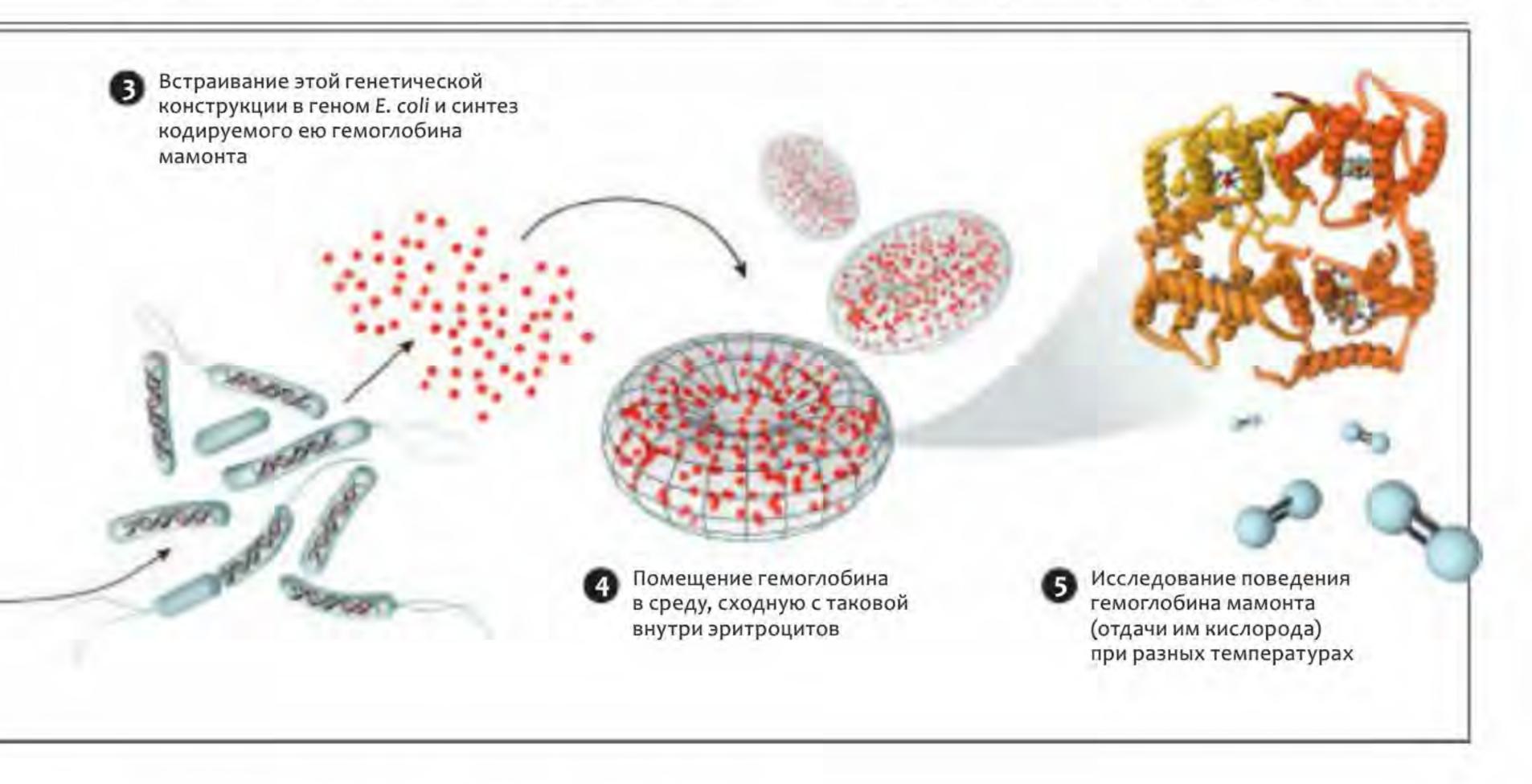
### **В** основные положения

- Воссоздание облика животных, давно исчезнувших с лица Земли, долгое время основывалось на изучении их твердых ископаемых останков — костей и зубов.
- Последние достижения биотехнологии позволили перейти палеонтологии на более высокий уровень.
- Сегодня биологи могут воссоздавать гены древних животных, синтезировать кодируемые ими белки и изучать их структуру и функции.
- Эти достижения привели к появлению целой новой области биологии — палеофизиологии.

были, несомненно, физиологические процессы, следов которых на ископаемых останках быть не могло. Все надежды возлагались на выделение из них уцелевших фрагментов ДНК, «сшивание» их в правильной последовательности, введение в живые клетки и запуск синтеза белков, когда-то управлявших работой организма.

Идея Кэмпбелла выяснить механизм адаптации шерстистого мамонта к жестоким холодам, отталкиваясь от манипуляций с фрагментами ДНК, несравнимо более простая, чем клонирование целого животного, тоже требовала для своей реализации огромной биотехнологической работы.

Даже при самых благоприятных условиях ДНК давно исчезнувших видов обычно доходит до наших дней в виде небольших фрагментов, она химически модифицирована и содержится в останках в очень небольших количествах. В клетках живых организмов ДНК существует в двух формах: в виде кольцевой митохондриальной ДНК (митохондрии — это клеточные органеллы, вырабатывающие энергию) и гораздо более протяженной ядерной. Первые исследования проводились с ДНК





Редкая находка. Найденный в Сибири детеныш мамонта, пролежавший в промерзшем грунте 42 тыс. лет. Только анализ его ДНК может дать представление о биохимических процессах, обеспечивавших жизнь древнему животному в условиях низких температур.

митохондрий, поскольку ее содержание в клетке гораздо выше (каждая содержит сотни органелл и всего одно ядро). Но она кодирует считанное число белков, и все они используются только митохондриями. Основная же генетическая информация заключена в ядерной ДНК. Ученые вначале не надеялись выделить ядерный генетический материал исчезнувших животных в количестве, достаточном для исследования. Однако в 1999 г. Алекс Гринвуд (Alex Greenwood), работающий сейчас в Зоологическом институте Лейбница в Берлине, сообщил о получении им свидетельств того, что в останках, находившихся в условиях вечной мерзлоты, могут сохраняться небольшие фрагменты ядерной ДНК в измеримом количестве, даже если останкам десятки тысяч лет.

Несмотря на то что Гринвуд доказал возможность получения коротких, длиной до 70 нуклеотидов, сегментов ядерной ДНК из останков живых существ столь же древних, как и шерстистые мамонты, секвенирование последовательностей длиной от нескольких сотен до нескольких тысяч нуклеотидов, составляющих один ген, в то время не представлялось возможным. Решил эту задачу один из нас (Майкл Хофрайтер), использовав мультиплексную полимеразную цепную реакцию (ПЦР). С ее помощью молекулярные биологи получают многочисленные копии сегментов ДНК ныне живущих

организмов. Начал Хофрайтер с восстановления митохондриальной ДНК (16,5 тыс. нуклеотидов) шерстистого мамонта.

### Блондины и рыжие

Освоив методику секвенирования митохондриальней ДНК, группа Хофрайтера, работавшего в то время в Лейпциге, впервые реконструировала с ее помощью один из генов ядерной ДНК исчезнувшего вида. И вновь это был шерстистый мамонт из Сибири. Источником ДНК служила бедренная кость, пролежавшая во льду 43 тыс. лет и на удивление хорошо сохранившаяся. Для реконструкции был выбран ген рецептора меланокортина 1 (МСІR), который, как известно, причастен к определению окраски перьев у птиц и шерсти у млекопитающих. Выбор определялся тем, что МСІR-ген относительно короткий, а его активность легко определить *in vitro*, что позволяет соотнести ее с наблюдаемым признаком.

Учитывая тот факт, что шерсть очень долго пролежавшего в земле животного может изменить цвет (стать более светлой или более темной), Хофрайтер надеялся, что генетический анализ позволит определить истинный ее цвет (или цвета, если соответствующий ген присутствует в нескольких вариантах). Секвенирование последовательности из 1236 нуклеотидов, составляющих MCIR-ген, показало, что он имеет две разных аллели. Первая отличалась от соответствующего аналога у африканского слона одним нуклеотидом, а вторая содержала три дополнительные мутации, каждая из которых приводила к замене аминокислоты в синтезируемом белке.

Две из этих замен происходили в ходе эволюции крайне редко, но поскольку сравнивать было не с чем, нельзя было предположить, повлияли ли такие необычные изменения в геноме на цвет шерсти мамонта. Дальнейшие исследования, однако, показали, что одна из трех упомянутых мутаций во второй алелли имела своим последствием уменьшение активности гена, связанного с пигментацией шерсти. Сравнительный анализ активности гомологичных генов других млекопитающих позволил сделать вывод, что, возможно, этот менее активный генный вариант стал причиной появления мамонтов-блондинов.

По счастливому совпадению, как раз в это время Хопи Хекстра (Hopi Hoekstra), работавший в Калифорнийском университете в Сан-Диего, обнаружил популяцию мышей, несущих такой же вариант MC1R-гена, как и тот, что выявлен у шерстистого мамонта. Что еще интереснее, мыши имели светлую шерстку, делавшую их незаметными в прибрежном песке, где они обитали. Какие преимущества давала подобная окраска мамонтам, непонятно. В лишенной лесов сибирской тундре они становились от этого только более заметными. Возможно, однако, что палевый волосяной покров способствовал сохранению тепла в холодном климате с сильными ветрами, как это происходит у ныне живущих птиц и млекопитающих блеклой окраски. Светлая шерсть отражает больше солнечного цвета, чем темная, но она и рассеивает его в разные стороны, в том числе внутрь, к телу. Темная шерсть действительно лучше поглощает свет, однако ветер быстро уносит его тепло.

Воодушевленные успехом при реконструировании ядерной ДНК древних мамонтов, Хофрайтер с коллегами решил провести аналогичные исследования неандертальцев, родственников *Homo sapiens*, которые обитали в Евразии и вымерли примерно 28 тыс. лет назад. В полученном ими 128-нуклеотидном фрагменте MCIR-гена обнаружилась мутация, отсутствующая у современного человека. Как и у мамонта, она проявлялась синтезом белка, менее активного, чем у обычной его версии. С учетом того что варианты MC1R-гена с пониженной активностью встречаются у современных рыжеволосых жителей Европы, мы предположили, что некоторые неандертальцы тоже были рыжими. В высоких широтах, где они жили, ультрафиолетовое излучение, необходимое для образования витамина D, было слишком слабым и, возможно, при такой окраске они поглощали его лучше, чем их темноволосые собратья.

Данные исследования однозначно показали, что реконструкция визуальных признаков вполне реальна. И теперь мы можем использовать всю мощь нового метода для исследования физиологии исчезнувших видов, т.е. вплотную заняться палеофизиологией.

### Как победить холод?

Все ныне живущие крупные млекопитающие, которые адаптировались к холодному климату, от северного оленя до мускусного быка, обладают системой тесно расположенных артерий и вен, идущих во взаимно противоположных направлениях вдоль конечностей и всех выступающих частей тела. Это обеспечивает эффективный теплообмен между насыщенной кислородом более теплой артериальной кровью и более холодной венозной. В результате температура частей тела (например, подошвы), соприкасающихся с промерзшей землей, никогда не опускается ниже 0° C, что избавляет организм от расходования лишних калорий на специальный их подогрев. Но в результате такой анатомической адаптации кончики рук и ног лишаются тепла, необходимого гемоглобину для осуществления его функции. У позвоночных гемоглобин связывает кислород воздуха, поступающего из легких, и доставляет его в ткани. Однако для разрыва слабой химической связи между кислородом и гемоглобином нужна энергия, и способность последнего высвобождать кислород быстро падает с понижением температуры.

Для восполнения дефицита энергии нужен какой-то дополнительный ее источник. Есть основания полагать, что недостающая энергия поступает в результате связывания с гемоглобином других молекул. При образовании между ними химических связей выделяется тепло, которое и обеспечивает отщепление кислорода от гемоглобина.

Кэмпбелл, ранее работавший отдельно от Хофрайтера, предположил, что с гемоглобином мамонта происходило нечто подобное. Прояснить ситуацию помогло бы секвенирование генов гемоглобина и сравнение результатов с таковыми для азиатских слонов.

Первые попытки секвенирования двух генов мамонта, кодирующих так называемые тяжелую и легкую цепи гемоглобина, предпринятые одним из нас (Кэмпбеллом) совместно с Аланом Купером (Alan Cooper) из Университета Аделаиды в Австралии, закончились, практически не начавшись: генетический материал, с которым мы имели дело, был слишком плохого качества. Как раз в то время к нам присоединился Хофрайтер со своей группой, и, используя уже секвенированные им гемоглобиновые гены, мы установили аминокислотную последовательность двух упомянутых цепей.

Обнаружилось, что одна из них отличается от таковой у азиатских слонов по трем из 146 аминокислот. Открытие стало настоящей сенсацией, поскольку, как мы полагали, эта тройка и представляет собой генетическое свидетельство физиологической адаптации к низким температурам. Косвенным подтверждением нашей гипотезы было наличие у человека редкого варианта гемоглобинового гена (так называемого гемоглобина Rush — \$101 (G3) глютамина), который содержал одну из мутаций, обнаруженных у мамонта. Несмотря на то что Rush-белок отличается от обычного только одной аминокислотой, это радикальным образом сказывается на биохимических свойствах гемоглобина, а именно зависимости его

поведения от температуры: данная зависимость была выражена в гораздо меньшей степени, что позволяло гемоглобину высвобождать кислород даже при низких температурах — в точности как у шерстистого мамонта.

Дальше нужно было получить в достаточном количестве гемоглобин мамонта и исследовать его свойства. Мы выделили интактные гемоглобиновые гены из ДНК крови азиатского слона и внесли в них мутации в точно таких же позициях, в каких они присутствуют в гене мамонта. Такую конструкцию мы встроили в бактерию Escherichia coli, которая синтезировала гемоглобин мамонта, неотличимый по структуре и функциям от того, который когда-то циркулировал в его крови.

Впервые в истории биологии человек мог исследовать один из важнейших физиологических процессов у животного, давно исчезнувшего с лица Земли, точно таким же образом, как это делается у современных живых существ. Мы тщательно проанализировали способность

Исследовать реконструированные белки нужно in vivo, поскольку многие их основные свойства проявляются только в данных условиях. Это, к сожалению, невозможно без воссоздания всего организма

гемоглобина слона и мамонта связывать и высвобождать кислород в широком диапазоне температур в растворах, сходных по своим физическим и химическим свойствам с внутренней средой эритроцитов. Как и гемоглобин Rush человека, гемоглобин мамонта отдавал кислород при низких температурах гораздо охотнее, чем гемоглобин азиатского слона (при температурах, близким к 37° С, которые поддерживаются внутри тела, оба они вели себя одинаково). Интересно, что способность гемоглобина мамонта связывать дополнительные молекулы для получения тепла и более полного высвобождения кислорода имеет другую генетическую основу, чем у современных арктических млекопитающих. Это показал сравнительный генетический анализ тех и других. Напомним, что у мамонта соответствующая мутация имела адаптивный характер, а у человека с гемоглобином Rush — нет, поскольку она приводила к нарушению конфигурации молекулы, в результате чего ее носители страдали анемией. Вопрос, почему неблагоприятная мутация возникла именно у человека, остается открытым.

### Возродить мамонта?

Разумеется, гемоглобиновая адаптация— лишь небольшая часть многочисленных адаптационных механизмов шерстистых мамонтов, позволивших им жить в условиях низких температур. О других биохимических механизмах такого же или сходного свойства у мамонтов и других животных мы пока ничего не знаем. К сожалению, секвенирование огромного количества геномов древних животных, выполненное за последнее время, не слишком помогло делу, поскольку применявшийся шотган-метод обычно дает случайный набор последовательностей. Он подходит для получения общей картины, но не годится для тонких физиологических исследований.

Более детальную информацию о целевых генах можно получить при меньших затратах и большем разрешении с помощью одного из новых методов гибридизации. Он позволяет, например, проводить масштабные сравнительные исследования генов сибирских мамонтов, живших в относительно теплых условиях межледниковых периодов, и тех, кто жил во время максимального обледенения. С помощью данного метода можно сравнивать также представителей одного вида, обитавших в разных местах, например сибирского и колумбийского мамонтов, что не только дает представление о генетической изменчивости вида, но и позволяет выявить генетическую основу физиологической адаптации к разным климатическим условиям. К сожалению, наши возможности в воссоздании физиологии довольно ограниченны, как бы ни хотелось нам проследить ход эволюционного процесса, скажем, за 50 тыс. лет. Дело в том, что исследовать реконструированные белки нужно in vivo, поскольку многие их основные свойства проявляются только в данных условиях. Это, к сожалению, невозможно без воссоздания всего организма.

Сегодня мы вынуждены изучать белки древних животных *in vitro*. И здесь мы не ограничиваемся мамонтами. Среди других древних живых существ, которыми уже занимаются палеофизиологи, — мастодонт и исчезнувшее позже арктическое морское млекопитающее морская корова Стеллера. Бесконечно более сложная задача клонирования этих животных относится скорее к области фантастики. Пока же мы пытаемся вдохнуть жизнь в те ископаемые их останки, которыми располагаем.

Перевод: Н.Н. Шафрановская

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Multiplex Amplification of the Mammoth Mitochondrial Genome and the Evolution of Elephantidae, Johannes Krause et al. in Nature, Vol. 439, pages 724–727; February 9, 2006.
- A Melanocortin 1 Receptor Allele Suggests Varying Pigmentation among Neanderthals. Carlos Lalueza-Fox et al. in Science, Vol. 318, pages 1453–1455; November 30, 2007.
- Substitutions in Woolly Mammoth Hemoglobin Confer Biochemical Properties Adaptive for Cold Tolerance. Kevin L. Campbell et al. in Nature Genetics, Vol. 42, pages 536–540; June 2010.





Научно-развлекательный телеканал о технике, технологиях и невероятных экспериментах

- http://www.facebook.com/24techno.ru
- B http://vk.com/24techno
- http://24techno.livejournal.com
- https://twitter.com/#!/24techno









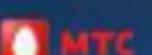












# Фаговая терапия

Долгое время вирусы находились на периферии интересов микробиологов, занимающихся поисками новых способов борьбы с бактериальными инфекциями, однако сегодня становится ясно, что они могут внести существенный вклад в эту область медицины, — так считает микробиолог Винсент Фишетти (Vincent Fischetti)

трехэтажном здании, в нескольких кварталах от реки Гудзон в Йонкерсе, штат Нью-Йорк, располагается небольшая биотехнологическая компания ContraFect, готовая приступить к апробации нового, весьма необычного способа уничтожения бактерий в организме человека. Антибиотики, многие годы успешно боровшиеся с инфекциями, проиграли соревнование с быстро эволюционирующими бактериями — от стафиллококков до возбудителей туберкулеза, который становится все более агрессивным и трудноизлечимым. Обычные антибиотики в большинстве своем представляют собой производные химических веществ, вырабатываемых почвенными бактериями и грибами. ContraFect нашла им альтернативу: это вирусы, инфицирующие бактерий. Они проникают в бактериальные клетки (отсюда и название — бактериофаги) и используют их клеточные механизмы в своих целях. Фаги вырабатывают особый фермент — лизин, который разрушает клеточную стенку инфицированных бактерий, высвобождая в окружающую среду сотни вирусных частиц. Сотрудники ContraFect полагают, что им удастся победить бактериальные инфекции, используя лизин для разрушения бактерий.

### **О** СПРАВКА

- Кто: Винсент Фишетти
- Специальность: микробиолог
- Место работы: Рокфеллеровский университет
- Цель исследований: поиски альтернативы антибиотикам
- Суть проблемы: можно ли использовать вирусы, атакующие бактерий, для предотвращения и лечения инфекционных заболеваний?

Первую фазу клинических испытаний данного метода (на безопасность) предполагается провести уже в нынешнем году. Этот момент Винсент Фишетти, 71-летний микробиолог из Рокфеллеровского университета, приближал всеми силами не один десяток лет. Будущий ученый родился в рабочей семье на Лонг-Айленде и в детстве решил, что выучится на дантиста, поскольку врачи этой специальности неплохо зарабатывали. Но время шло, и юноша увлекся микробиологией. Вечерами он работал над магистерской диссертацией, а днем в лаборатории занимался изучением скарлатины и в конце концов заинтересовался фагами. В 2001 г. Фишетти показал, что лизин можно использовать для лечения стрептококковой инфекции. К его работе проявили интерес военные. Как раз в это время произошла история со спорами сибирской язвы, и вирусы могли пригодиться для их уничтожения.

Так вновь возродился интерес к лечению особенно стойких инфекций «коктейлями» из фагов. Подобная практика применялась когда-то в Советском Союзе, но в США ею пренебрегали. На пути ее широкого применения для лечения человека возник ряд технических проблем, хотя некоторым компаниям удалось получить разрешение FDA на включение фагов, уничтожающих Salmonella и Escherichia coli, в упакованные мясные продукты.

Корреспондент Scientific American встретился с Фишетти и попросил его рассказать более подробно о перспективах применения бактериофагов в медицине. Вот отрывки из интервью.

### — Как у вас возник интерес к науке?

— Когда мне исполнилось 12 лет, родители подарили мне микроскоп. В то время еще не было Интернета или чего-то подобного, что могло бы дать пищу для ума.



Я брал воду из пруда и вечерами разглядывал под микроскопом плавающих в ней микробов: Euglena, Paramecium и пр. Я занимался этим часами напролет. А прослушав курс микробиологии в Вагнеровском колледже на Статене, понял, что это как раз то, что меня больше всего интересует.

#### — Когда вы начали работать с фагами?

— На моей первой работе в Рокфеллеровском университете я был простым лаборантом в группе Джона Забриски (John Zabriskie), ученого-медика. В то время биологи из Нью-Йоркского университета открыли, что токсичное вещество, вызывающее неудержимый кашель при коклюше, вырабатывается бактериофагом, инфицировавшим бактерию. Мы подумали: а не синтезируется ли токсин, вызывающий лихорадку при скарлатине, какимто другим фагом? Так и оказалось. Streptococcus, возбудитель скарлатины, действительно был заражен фагом, в ДНК которого присутствовал ген, кодирующий токсин, и тот вызывал покраснение кожи и подъем температуры. Сегодня мы знаем, что за большинство связанных с интоксикацией заболеваний отвечают бактериофаги.

#### — Какова роль бактериофагов в природе?

— Каждый грамм почвы, каждый кубический сантиметр воды содержит от 10 до 100 млн фаговых частиц. Это самые многочисленные живые существа на Земле. Они есть во всем, что мы пьем и едим, к чему прикасаемся. Огромное множество их содержится во всех тканях нашего тела. Бактериофаги постоянно инфицируют и уничтожают бактерий. Каждые два дня они убивают половину из них. Выжившие размножаются — и процесс длится до бесконечности. Он крайне динамичен, и каждый из его участников нуждается в другом. Я полагаю, что поскольку бактериофагов на Земле в десять раз больше, чем бактерий, именно они управляют всеми биологическими процессами на планете. Это лично моя точка зрения, разделяет ли ее кто-то еще — не знаю.

#### — Когда выяснилось, что бактериофагов можно использовать в медицине?

—Примерно сто лет назад, когда впервые были идентифицированы эти крошечные организмы, об антибиотиках еще ничего не знали. Тогда микробиологам и пришла в голову мысль использовать фагов как природное антибактериальное средство. В США такую тактику впервые взяла на вооружение компания *Pfizer*; она даже создала в Бруклине лабораторию по выращиванию фагов для терапевтических целей. Но вскоре были открыты антибиотики, и все внимание переключилось на них.

### — Но так было не везде. Советские биологи поступили по-другому, не правда ли?

— Действительно, в нескольких институтах, один из которых находится в Тбилиси, до сих пор работают над программой фаговой терапии. У многих больных диабетом на поздней стадии на ногах образуются незаживающие язвы, не поддающиеся лечению никакими антибиотиками. Бороться с инфекцией можно только с помощью коктейлей из бактериофагов. Однако в каждом случае подобный коктейль уникален. В отличие от антибиотиков, которые активны в отношении

широкого круга микроорганизмов, каждый бактериофаг действует только на определенный их вид. Тбилисские вирусологи культивируют бактерии прямо на пораженных конечностях больных, затем засевают «поле» смесью фагов, отбирают тех, которые работают, и проводят лечение в течение нескольких недель. В США такую тактику использовал Рэндалл Уолкотт (Randall Wolcott) из Северо-Восточного регионального центра по лечению ран в Лаббоке, штат Техас, для борьбы с незаживающими раневыми инфекциями.

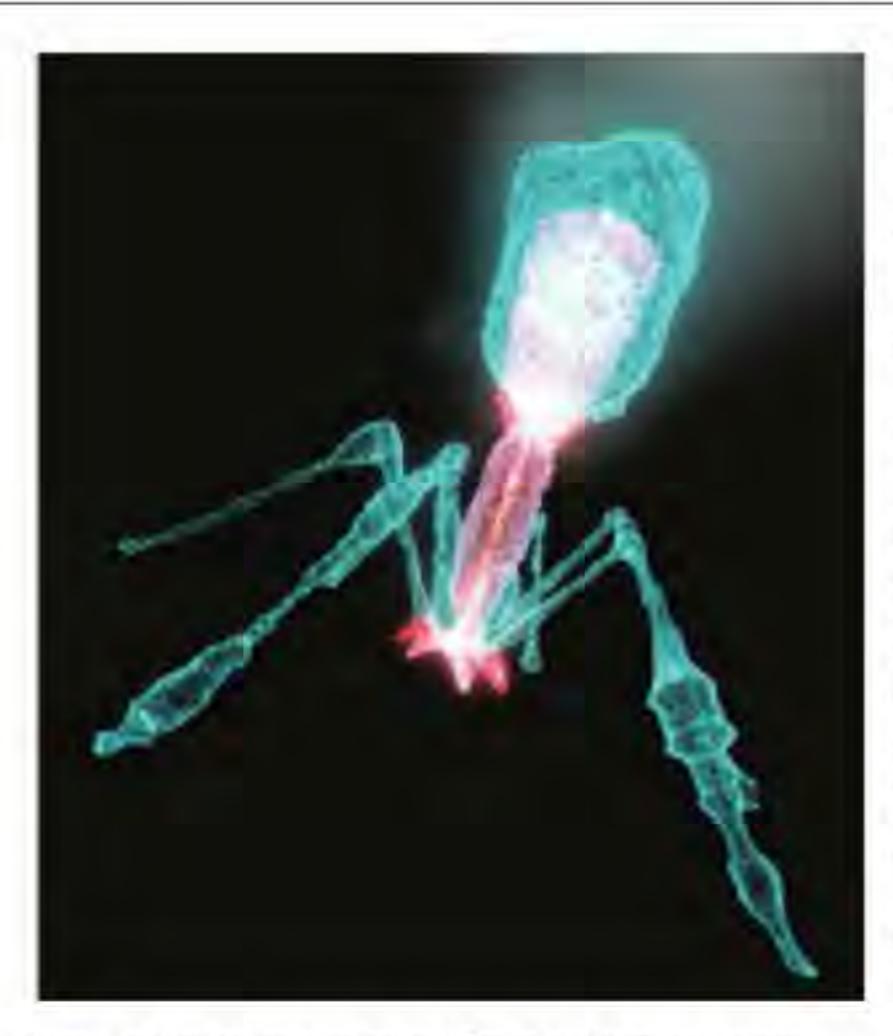
### — Повысился ли интерес к бактериофаговой терапии в связи с появлением новых штаммов микроорганизмов, устойчивых к антибиотикам?

 Да, несомненно. Лекарственная резистентность очень серьезная проблема, и у нее есть два аспекта. Вопервых, сегодня бактерии быстро становятся невосприимчивыми ко многим новейшим антибиотикам. В данный момент наибольшее беспокойство вызывают метициллинрезистентный штамм Staphylococcus aureus (MRSA) и появление стафилококков, невосприимчивых к ванкомицину. Назревают проблемы с лечением прооперированных больных с ослабленной иммунной системой. Но высокорезистентные штаммы грозят не только тем, кто попал в больницу по серьезному поводу. Рано или поздно госпитализации может подвергнуться каждый, например для прохождения какого-нибудь обследования. Вот там-то вероятность заразиться высокорезистентными штаммами особенно велика, и серьезных проблем не избежать. Может оказаться, что лечить вас просто нечем. Самое неприятное заключается в том, что гиперстойкие штаммы все чаще выходят за пределы больничных стен, и тогда инфицирован может быть каждый.

Во-вторых, крупным фармацевтическим компаниям становится невыгодно заниматься поисками новых антибиотиков. Какой смысл тратить большие деньги на синтез препарата, который скоро будет никому не нужен по причине утраты эффективности? И это очень тревожно: ведь солидные компании оснащены современным оборудованием и обладают возможностями, не доступными другим.

### — Что мешает сделать выводы о результативности применения фаговой терапии, и какие трудности стоят на пути ее широкого внедрения?

— Во-первых, результаты по России (и другим странам бывшего СССР) не всегда корректны. Так, для лечения сходных раневых инфекций у двух разных людей не всегда применялись одни и те же смеси фагов, так что успех (или неуспех) терапии бывает трудно оценить. Вовторых, для уничтожения единственного вида бактерий нужна уникальная смесь фагов, а получить разрешение FDA на ее применение непросто. Кроме того, фаги нередко заимствуют сегменты бактериальной ДНК и включают их в свой геном, и FDA запрашивает информацию на этот счет. Фармацевтическим фирмам приходится вступать в настоящее сражение за выход на рынок новой терапевтической смеси фагов, и не всегда победа остается за ними.



Фаг — это вирус, инфицирующий бактерию. Устроен он очень просто: у него есть головка, в которой заключен генетический материал, хвост и хвостовые отростки

### — Есть ли какие-то другие идеи использования бактериофагов в медицине?

— Мы разработали один такой метод, но касается он не самих фагов, а вырабатываемых ими литических ферментов. Когда цикл размножения фагов в бактериальной клетке заканчивается, они должны выйти наружу. Для этого они вырабатывают литический фермент, который разъедает бактериальную клеточную стенку. Мы получили один из таких ферментов в чистом виде и можем вводить его в бактериальные частицы. Фермент «просверливает» клеточные стенки, и бактерии погибают безо всяких фагов. Лизин можно наносить непосредственно на кожу или слизистую либо вводить внутривенно. Фермент быстро выводится из организма, не нанося никаких повреждений органам и тканям.

### — Как вы думаете, найдет ли применение ваш метод?

— Я получил лизин одного из бактериофагов в чистом виде 40 лет назад, когда работал над докторской диссертацией. Тогда я использовал его для разрушения клеточной стенки Streptococcus с тем, чтобы изучить поверхностные белки данной бактерии. Прорыв в медицинском направлении произошел десять лет назад. Я проводил эксперименты на мышах, инфицированных стрептококками группы А. Смазывание горла животных лизином приводило к мгновенной гибели бактерий. Вот тогда я и понял, что бактериофагов можно использовать в терапевтических целях. С тех пор мы применяли этот фермент для лечения лабораторных животных, страдающих эндокардитом (инфекционным заболеванием, при

котором поражаются сердечные клапаны), и предпринимали попытки лечения мышей, больных менингитом (инфекцией мозговых оболочек), пневмонией, сепсисом (заражением крови). Наш препарат не теряет активности долгое время. Его можно высушивать или замораживать и хранить в таком виде годами.

#### — Как относятся к вашим исследованиям медицинское сообщество и ваши коллеги?

— Пока с осторожностью. Мы обычно слышим: «Это интересно, но...» Фармакоиндустрия обеспокоена тем, что иммунная система человека будет воспринимать лизины как чужеродные агенты и начнет вырабатывать против них антитела. Кроме того, следует помнить, что лизины высокоспецифичны: так, фермент, действующий на стрептококков, будет атаковать только их, действующий на пневмококков, — только *Pneumococcus*, а на возбудителя сибирской язвы — только его. Такие ферменты давно известны, но они уничтожают слишком много полезных бактерий, что сразу создает новые проблемы. Все больше биологов начинают думать как мы, и я уверен — будущее за нами.

#### — Можно ли использовать лизин каким-либо другим способом?

— Да, так мы синтезировали фермент, уничтожающий споры сибирской язвы. И только через десять лет правительство осознало, что если террористы распылят их где-нибудь в городе, то понадобятся годы, чтобы очистить территорию, не опасаясь негативных последствий. Что же предлагаем мы? У себя в лаборатории мы смешиваем лизин, специфичный в отношении данного патогена, с неким природным веществом, выводящим споры из «спячки». Через 20 минут после обработки погибают 99,99% спор. Смесь водорастворима, совершенно безопасна и может применяться для очистки больших территорий.

Такой же подход можно использовать для уничтожения бактерий, поражающих растения, или возбудителей больничных инфекций, например MRSA. Для этого нужно обрабатывать пациентов соответствующими смесями до и после операции. Бактериофаги можно вводить также в расфасованные мясные продукты.

### — Могут ли бактерии выработать резистентность к лизинам?

— До сих пор ни с одним подобным случаем мы не сталкивались. Я полагаю, все дело в том, что способность лизинов прочно прикрепляться к бактериальной клетке, не изменяя ее, выработалась за миллиарды лет эволюции, поэтому развитие резистентности маловероятно. Хотя, конечно, никогда не стоит говорить «никогда».

### — Первые клинические испытания выделенного вами лизина, CF-30L, предназначенного для уничто-жения MRSA, начнутся в этом году, не так ли?

- Совершенно верно. Лизины будут апробированы как средство для лечения человека впервые.
  - Полагаю, для вас это очень значимое событие?
  - Конечно. Я ждал его более десяти лет!

Перевод: Н.Н. Шафрановская

Кристин Горман

# ПЯТЬ СКРЫТЫХ ОПАСНОСТЕЙ ОЖИРЕНИЯ

Избыточный вес наносит урон здоровью, в том числе и совершенно неожиданным образом

бщеизвестно, что у людей с избыточным весом возрастает риск заболеваний сердца, инсульта, диабета, и что ожирение продолжает стремительно распространяться. Согласно одному исследованию, в США к 2030 г. людей с ожирением станет на 65 млн больше, чем сейчас, что приведет к появлению более 6 млн новых пациентов с коронарной недостаточностью и инсультами, а также 8 млн случаев диабета второго типа. Многие клиницисты уже начали замечать, что в некоторых семьях дедушки и бабушки отличаются лучшим здоровьем и живут дольше, чем их дети и внуки.

И если вам кажется, что таких тревожных признаков недостаточно, то обратите внимание на исследования последних лет, показывающие, что цена, которую человечество платит за эпидемию ожирения, еще выше. Современные исследования подтверждают, что избыточный вес может вредить психологическому благополучию (усугубляя депрессию и болезнь Альцгеймера), сексуальному и репродуктивному здоровью, а также снижать качество повседневной жизни, особенно по мере того, как мы становимся старше. Ученые считают, что, возможно, 25% некоторых типов злокачественных опухолей — включая рак толстой кишки, почек и пищевода — провоцируются увеличением степени ожирения и гиподинамией.

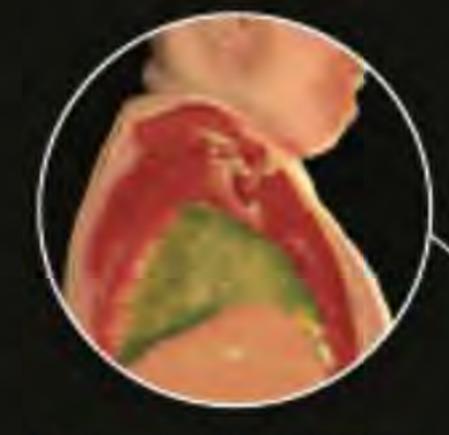
Изображения справа созданы командой сайта *TheVisualMD.com* и основаны на последних данных по анатомии. Они представляют собой отрезвляющий «анатомический путеводитель» по телу с избыточным весом, наглядно иллюстрируя, насколько велика плата за ожирение.

Кристин Горман (Christine Gorman) — редактор разделов о здоровье и медицине в журнале Scientific American.



#### Изжога

В 2005 г. было произведено обследование 450 испытуемых с ожирением, показавшее, что во взрослом состоянии среди полных людей вероятность появления изжоги в два с половиной раза выше, чем среди нормальных или худых. Одна из возможных причин заключается в том, что висцеральный жир давит на желудок и выталкивает его выше в грудную полость.



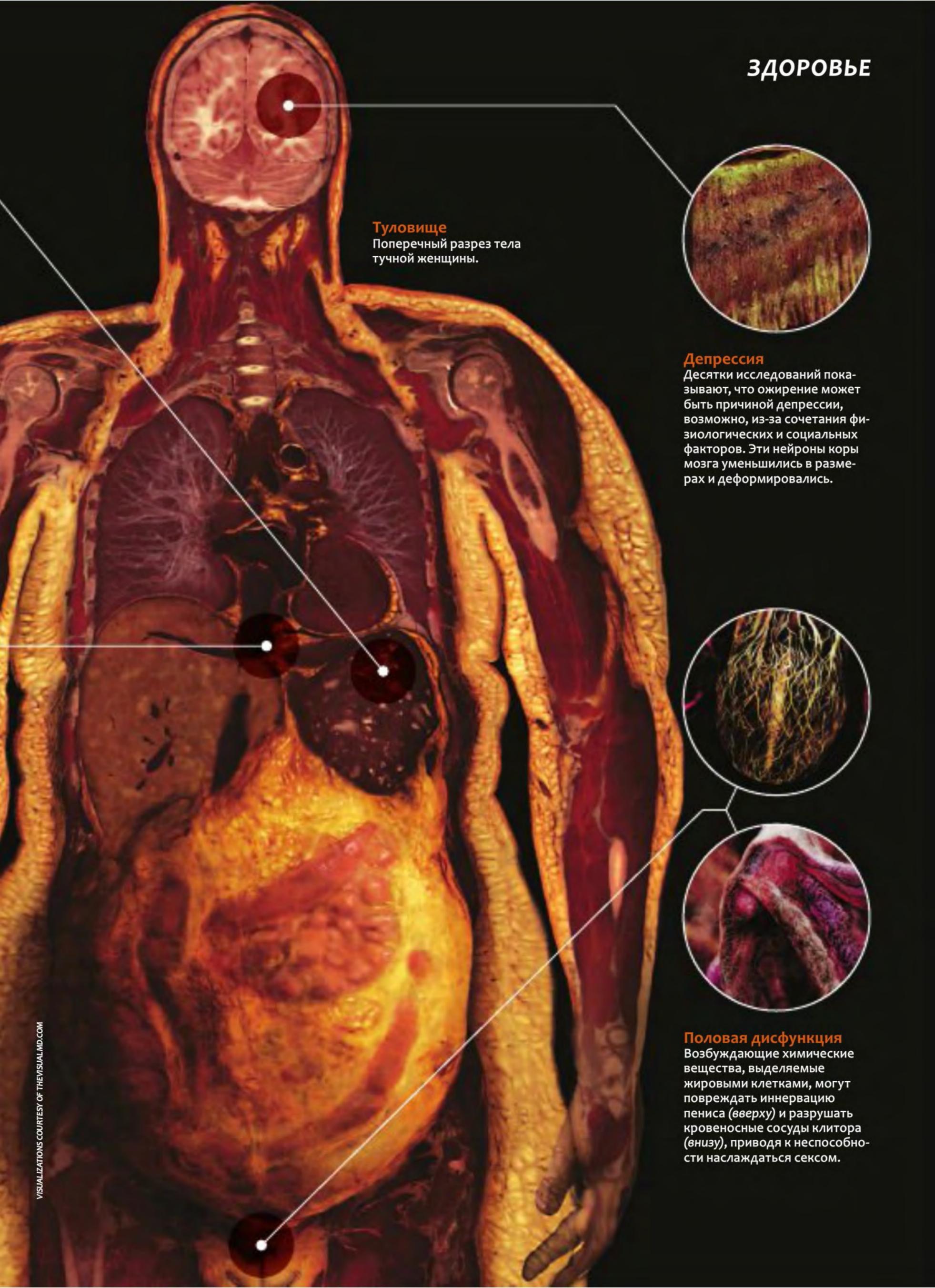
#### Затрудненное дыхание

Висцеральный жир, окружающий внутренние органы, опаснее, чем подкожный. На этом рисунке показан вид сбоку, где видно, как висцеральный жир давит на диафрагму снизу и таким образом препятствует свободному дыханию, не давая легким (зеленый цвет) расширяться.



#### Болезненные суставы

Лишние килограммы создают дополнительную нагрузку на коленные суставы. На этом рисунке показаны (белый цвет) артритические повреждения, причиняющие боль и снижающие подвижность суставов.





12 по 14 октября 2012 г. в Москве пройдет VII Фестиваль науки. Московский фестиваль науки станет завершающим и самым масштабным событием II Всероссийского фестиваля науки.

рганизаторами этого ставшего уже традиционным праздника науки выступают Правительство Москвы в лице Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова при поддержке Министерства образования и науки РФ.

Выдающихся ученых России и мира, жаркие дискуссии о будущем человечества, самые свежие научно-познавательные фильмы, творческие мастерские, уникальные научные шоу, мультимедийные инсталляции, экскурсии по научным лабораториям, мультимедийный 3D-купол, специальная программа от проекта «Лифт в будущее».

### Центральная площадка фестиваля науки

Фундаментальная библиотека МГУ. Актовый зал

### Пятница, 12 октября

Торжественное открытие фестиваля науки в Москве.

### Суббота, 13 октября

**10.30–11.30** — лауреат Премии Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых, профессор А.М. Райгородский: «Все ли мы знаем об устройстве Интернета, или Как важно учить математику».

**11.45–12.45** — академик В.А. Рубаков: «Открытие новой фундаментальной частицы — бозона Хиггса — на Большом адронном коллайдере».

**13.00–14.00** — профессор Оснабрюкского университета в Германии А.Я. Мулкиджанян: «Происхождение жизни: реконструкция первых клеточных организмов и их среды обитания».

**14.15–15.15** — профессор Санкт-Петербургского университета Т.В. Черниговская: «Нить Ариадны, или Пирожные Мадлен: нейронная сеть и сознание».

**15.30–16.30** — член-корреспондент РАН А.П. Бужилова: «Антропологические находки из Денисовой пещеры. Стоит ли переписывать историю человеческого рода?»

#### Воскресенье, 14 октября

10.30—11.30 — содиректор Института наномедицины Университета Северной Каролины (США), профессор А.В. Кабанов: «Наномедицина — время собирать камни. От научной фантастики до клинической практики».

**11.45–12.45** академик РАЕН А.Г. Вишневский: «Конец "Божественного порядка"? О новых демографических вызовах, которые стоят перед человечеством».



**13.00–14.00** — профессор РГГУ Н.И. Басовская: «Шекспировские короли Англии».

**14.15–15.15** — Герой России, зав. лабораторией глубоководных обитаемых аппаратов Института океанологии имени П.П. Ширшова РАН А.М. Сагалевич: «В глубинах океана. XXI век (К 25-летию глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1» и «Мир-2»)».

### Разнообразная и познавательная программа в аудиториях Шуваловского корпуса

- **1.** «Телемост МГУ–*CERN*». Ведущий профессор В.И. Саврин, заместитель директора Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ.
- 2. «Космическая биология вчера, сегодня, завтра...» Лекция С.Н. Рязанского, космонавта Роскосмоса, командира экипажа МАРС-500.
- 3. «Глобальные широтные зоны разломов и связь с ними землятрясений». Лекция профессора Е.А. Долгинова, Российский университет дружбы народов.
- Встреча с профессором Клодом Коэн-Таннуджи, лауреатом Нобелевской премии по физике 1997 г.
- **5.** «Новые подходы к преподаванию XXI века: эволюционные технологии и проблемы мотивации в обучении». Лекция профессора Джереми Брауна, выдающегося ученого-физика и президента частного Университета Даулинг.
- 6. «Новая эра лечения новорожденных, детей и взрослых с заболеваниями сердца: вам помогут не в операционной со скальпелем, а в стильной приемной с видеокамерами и катетерами». Лекция профессора Джона Чизама, директора Национальной детской кардиокатетерной и сердечно-сосудистой терапии.
- 7. «Биологические эксперименты в космосе». Лекция профессора Е.А. Ильина, академика Международной

академии астронавтики, главного научного сотрудника Института медико-биологических проблем РАН.

- 8. «Уникальные здания и сооружения г. Москвы». Лекция профессора Ю.С. Кунина, заведующего кафедрой испытаний сооружений Московского государственного строительного университета.
- 9. «Можно ли предсказать будущее?». Лекция А.В. Бялко, Институт теоретической физики им. Ландау РАН.
- **10.** «Дешифровка сообщений и искусственный интеллект: жизнь и наследие Алана Тьюринга». Лекция доктора Тилли Блит, хранителя Лондонского научного музея.

...и еще десятки мероприятий.

### Центральная выставочная площадка ЦВК «Экспоцентр»

Посетители Центральной выставочной площадки ЦВК «Экспоцентр» увидят демонстрации последних разработок в области робототехники, космонавтики, компьютерных технологий, примут участие в работе интерактивных и мультимедийных экспозиций фестиваля. Надеемся, что с интересом будут встречены познавательные экспонаты «Зазеркалья», научного музея «Экспериментаниум» и др.

Вас также ждут 80 площадок Москвы — вузы, музеи, научные центры РАМ и РАМН, окружные центральные площадки, инновационные компании, бизнес-инкубаторы, арт-центры.

Точное время и место проведения мероприятий, интерактивную карту площадок и полную программу фестиваля науки ищите на сайте http://www.festivalnauki.ru/

Телефон для справок в дни работы фестиваля: +7 (495) 939-5557





В конце октября в Санкт-Петербурге пройдет VII Международный кинофестиваль научно-популярных и просветительских фильмов «Мир знаний». Он учрежден киностудией «Леннаучфильм» и Национальным комитетом «Интеллектуальные ресурсы России» в феврале 2006 г. и сегодня дарит отечественному зрителю практически единственную возможность посмотреть на большом экране новые научно-популярные фильмы, созданные как в России, так и за рубежом.

Фестиваль впервые будет проходить без его президента — Сергея Петровича Капицы, скончавшегося 14 августа. Сергей Петрович не сомневался в том, что организация фестиваля научно-популярного кино была очень нужным и полезным делом, и с удовольствием отмечал, что популярность фестиваля растет и он становится важным событием культурной и научной жизни страны.



оржественное открытие фестиваля состоится 24 октября. По традиции оно ознаменуется полуденным выстрелом пушки в Петропавловской крепости, а вечером для кинозрителей в Санкт-Петербургском Доме кино будет представлен фильм, созданный кинематографистами из Новой Зеландии «Жизненная сила. Новая Зеландия» об изолированном в течение 80 тыс. лет архипелаге. Всю программу кинофестиваля зрители смогут увидеть на главной киноплощадке северной столицы с 25 по 27 октября.

Какие кинокартины примут участие в конкурсной программе, какие сюрпризы ждут участников и гостей этого уникального кинофорума? Об этом нам рассказала директор фестиваля **Людмила Анатольевна Бударина**.

В нынешнем году фестиваль «Мир знаний» посвящен памяти президента кинофорума, выдающегося ученого и просветителя Сергея Петровича Капицы. Отныне Гран-при фестиваля будет носить его имя. Как и в прошлом году, победители фестиваля станут обладателями сертификата, дающего право бесплатной годовой подписки (12 номеров) на журнал «В мире науки».

малоприглядный, казалось бы, класс животного царства в фильме «Охотники на дождевых червей»: точно выстроенный темпоритм, гротеск и удачный выбор героев делают эту картину поистине великолепной.

Сложным взаимоотношениям человека с природой посвящен фильм «Кроме урожая» (США), в котором рассказывается история одного прибрежного поселения, живущего легальным сбором черепашьих яиц. Уже первые кадры киноленты задают тон непримиримого противостояния между сторонами: снимающая с уровня глаз черепахи кинокамера наблюдает, как стремительно подступают люди с корзинами к только что отложившим яйца черепахам...

Примечательна и французская картина «Отпрыски пепла». Это фильм-оратория о том, как на расстоянии мили от вулкана, где пепел постоянно атакует флору и фауну, жизнь несмотря ни на что торжествует, преодолевая все трудности. Рисуя яркими красками на общем темно-сером пепельном фоне извергающегося вулкана пролетающих птиц и распустившиеся цветы, авторы картины добиваются выразительной и драматичной



В конкурсную программу фестиваля вошли 23 картины из более чем 500 поступивших на рассмотрение отборочной комиссии. Одним из главных критериев отбора была принадлежность картины именно научно-популярному жанру.

Мы традиционно уделяем внимание научной направленности фильмов и их тематическому разнообразию. Последнее всегда непредсказуемо. На прошлогодний фестиваль «Мир знаний» к отбору было представлено много картин по медицине и новейшим технологиям. В этом году лидируют фильмы о мире живой природы, многие из которых сняты на очень высоком профессиональном уровне.

Представленный в конкурс фильм «Империя аризонских муравьев» (ВВС, Великобритания) поражает виртуозностью операторской работы, осуществить которую, кажется, было возможно, только внедрив в микромир уменьшенного до размеров муравья кинооператора с аппаратурой. С юмором и симпатией показан

стилистики изображения. Нелишне отметить, что авторский текст в фильме читает великолепный британский актер Джереми Айронс, и это добавляет картине еще больше драматизма.

Среди российских фильмов необходимо отметить прежде всего две работы студии «Роскосмос»: «Космическая Одиссея. XXI век» и «По следам космического призрака». Первая рассказывает о путешествии на Международную космическую станцию, причем большую часть фильма сняли сами орбитальные жители. Вторая посвящена изучению самой загадочной элементарной частицы в мироздании — нейтрино. Частица-призрак, способная проходить сквозь любую материю, иногда оставляет след в пространстве, но сама остается невидимой. Изучая нейтрино уже более полувека, ученые постигают многомерность мироздания, из которой мы с трудом освоили всего лишь три измерения.

Кроме того, в отечественную программу фестиваля вошли фильмы-портреты великих ученых России.

Здесь в первую очередь стоит отметить картину «Михайло Ломоносов. Десять новелл из жизни гения», снятую к 300-летию со дня рождения первого русского ученого-естествоиспытателя. Дань памяти советского физика, директора Института ядерных проблем АН СССР Михаила Григорьевича Мещерякова отдал внук ученого, известный тележурналист Иннокентий Иванов в своем фильме «Дед. Столетие дубнинского зубра». Киностудия «Леннаучфильм» представила на конкурс картину «Шестое чувство Людвига Фадеева», посвященную физикутеоретику и математику с мировым именем.

Отдельная тема кинопоказа фестиваля — наноиндустрия. Испанский фильм-аттракцион «Нанокамера» благодаря полнокупольной проекции предложит зрителю уменьшиться до размеров песчинки и осуществить путешествие в мир самых маленьких живых существ. Французская картина «Нанореволюция. Больше, чем просто человек?» посвящена нанотехнологиям, которые уже сегодня используются в медицине. Снятый на московской киностудии «Центр национального фильма» «Этот правый, левый мир. Сорок лет спустя», в свою очередь, расскажет о том, какие принципиальные открытия и изменения в представлениях о природе элементарных частиц произошли за прошедшие четыре десятилетия.

Детская программа фестиваля в этом году представлена пятью картинами. Это мультипликационный фильм из Белоруссии об истории гербов «Повесть временных лет», американская лента «Мой Пантанал» о мальчике, рассказывающем о своем ранчо в самом крупном в мире тропическом болоте в Пантанале (Бразилия), и несколько пятиминутных серий из телешоу ВВС «Планета маленьких людей», знакомящих юных зрителей с другими детьми из разных уголков планеты. В программу вошли также несколько выпусков всем известного с давних времен киноальманаха «Хочу все знать» и совсем молодой, но завоевавший своего зрителя мультсериал «ПИН-код» — анимационное путешествие в мир нано-, био- и информационных технологий.

В этом году фестиваль расширит свои границы и представит нестандартный подход к конкурсному показу. Результаты прошлого года продемонстрировали, что просмотр конкурсной программы и встречи с авторами фильмов в Российском государственном педагогическом университете им. А.И. Герцена вызвали большой интерес у студенческой аудитории. Поэтому количество площадок решили увеличить до пяти: РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербургский государственный университет и Санкт-Петербургский университет кино и телевидения. Специальные программы кинофестиваля пройдут также на лучших интеллектуальных площадках города: в региональном отделении Русского географического общества и в Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина.

Подготовил Сергей Островерхов







### Элементарные частицы служат делу мира

### Иранские, израильские, турецкие и арабские физики планируют совместно построить ускоритель

Профессия физика всегда была одной из самых интернациональных. Физики рассматривают себя как наднациональное сообщество, стоящее выше этнических и культурных интересов. Возможно, они не всегда следуют этому идеалу, но по крайней мере стремятся к нему. Отчасти я заметил это, будучи студентом колледжа в 1987 г., когда проводил весенние каникулы в компании Bell Labs. Тогда были только что открыты высокотемпературные сверхпроводники, и я достал несколько специальных магнитов для демонстрации левитации (и участвовал в написании статьи). За обедом разговор перешел к прорехам в железном занавесе. Ученые лаборатории налаживали контакты с коллегами из Советского Союза, организовывая совместные конференции и переводя статьи с русского или на русский. Они рассказали мне об Андрее Сахарове и Пагуошских конференциях, которые собрали ученых из всех стран, чтобы бороться за ядерное разоружение. Сахаров позднее был награжден Нобелевской премией мира.

Эти идеалистические устремления оставались мощной силой. В апреле на одной из конференций по черным дырам я разговорился с Элиэзером Рабиновичем (Eliezer Rabinovic), физиком-теоретиком из Еврейского университета в Иерусалиме. Он и его коллеги были, наверное, единственными людьми на нашей планете, которым удалось добиться согласия арабов, иранцев, турок и израильтян по какому-либо вопросу. Несколько стран Ближнего Востока подписались под их проектом SESAME — строительства ускорителя элементарных частиц для совместной работы.

Десятилетние усилия показали, что, по-видимому, наше понимание природы пространства, времени и материи ограничено. «У меня была мечта попытаться работать совместно с нашими соседями, сделать чтонибудь для всех наших народов, — говорит Рабинович. — Это звучит высокопарно, но именно для этого и послужит SESAME».

Проект удалось организовать, несмотря на неспокойную обстановку двух последних десятилетий. Лабораторную площадку выбрали в 2000 г. в Иордании, строительство здания лаборатории закончили в 2008 г. и занялись конструированием синхротрона. По сути, это не проект физики элементарных частиц, а универсальный источник излучения для химии, биологии, для создания новых лекарств и других областей — разнообразных сфер применения, необходимых для региона.

В марте Иран, Турция, Иордания и Израиль выделили \$20 млн для строительства главного ускорителя. Руководство проекта пошло сегодня со шляпой в руках к США и Европейскому союзу, чтобы получить недостающие \$15 млн.

В 1954 г. европейские ученые основали возле Женевы *CERN*, чтобы Германия, Франция, Британия и другие бывшие враги получили место, где можно было бы стрелять частицами, а не пулями. «Это было одно из тех мест, где возрождалась Европа», — считает Рабинович. Возможно, *SESAME* выполняет более сложную миссию, поскольку сегодня еще нельзя сказать, что враги бывшие. Другой израильский теоретик, Рами Бруштейн (Ramy Brustein), сравнивает задачу с «подъемом в гору по скользкому льду». Однако в 1987 г. все думали то же самое о культурных связях, ограниченных Берлинской стеной.

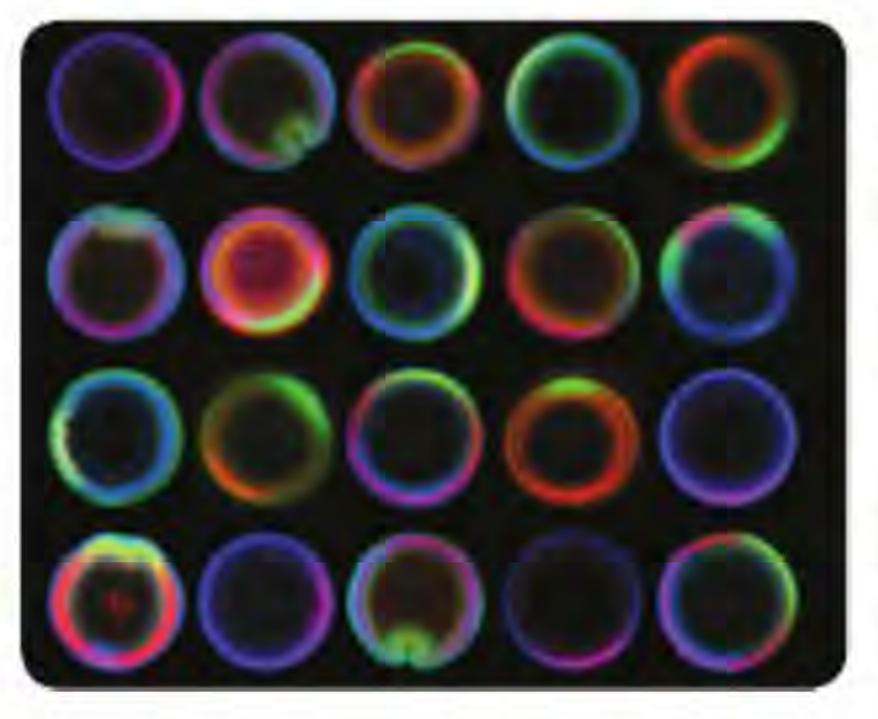
Джордж Массер

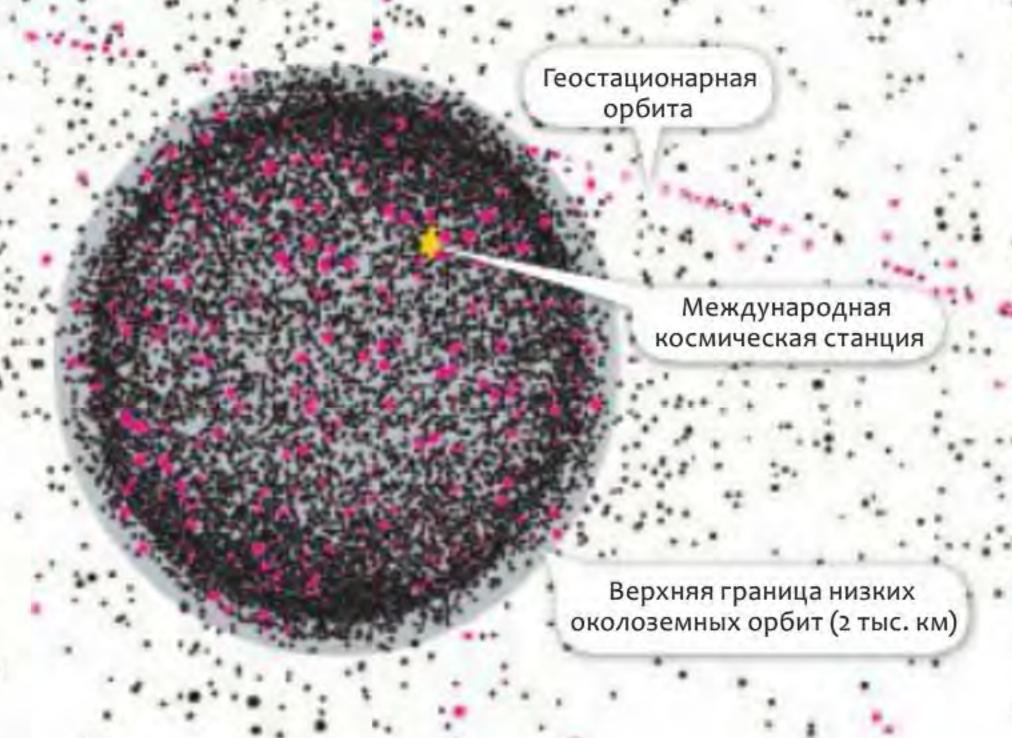
### Что это?

Для того чтобы получить эту похожую на работы Кандинского картину, исследователи окрасили поперечные срезы эмбрионов плодовой мушки. Использование для окрашивания антител позволяет четко различать три вида тканей — мускулатуру, нервную ткань и кожу.

Изображение было представлено на ежегодной выставке «Наука как искусство» в Принстонском университете. Фотография демонстрирует новые достижения в этой области микроскопии. Ученые из Принстона и Технологического института Джорджии разработали новый тип жидкости для микроскопии, которая позволяет ориентировать вертикально и закрепить в такой позиции мельчайшие объекты гораздо быстрее, чем раньше.

Энн Чин





### Свалка космического века

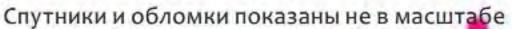
### Мусор на орбитах никуда не денется

Возможно, космос и правда непостижимо огромен, но окрестности Земли уже переполнены хламом. Отработавшие ступени ракет, брошенные космические корабли, фрагменты спутников и отдельные элементы оборудования образуют сегодня скопление мусора, представляющего угрозу для искусственных спутников и космонавтов. Специалисты составили каталог более чем 16 тыс. объектов размером свыше 10 см, основная часть которых находится на низких околоземных орбитах, на высотах от 200 до 2 тыс. км (справа).

И количество этого космического мусора не уменьшается, а наоборот прибывает. Если бы даже человечество приостановило все космические запуски, аппараты, которые мы уже не используем, продолжат сталкиваться друг с другом и разваливаться на куски еще многие столетия. При сохранении нынешнего числа космических запусков положение будет только ухудшаться. Число космических объектов за прошедшие пять лет значительно увеличилось в результате испытания в 2007 г. Китаем противоспутникового оружия и произошедшего в 2009 г. столкновения российского и американского спутников. Правительства рассматривают возможные меры по очистке космоса, но еще не нашли приемлемого решения.

Джон Мэтсон







\* В предположении соблюдения общепринятой политики по снижению количества космического мусора в 90% случаев



### Тяжела ты, доля женская

Возможно, тот факт, что женщины реже, чем мужчины, приходят на долгосрочные позиции в науке, объясняется не дискриминацией, а более ответственным отношением к своим семейным

обязанностям

Почти половина студентов, специализирующихся по математике в колледжах, - женщины, а их оценки в стандартных математических тестах равны мужским. Однако до сих пор среди аспирантов по математике женщин только 30%, а в области компьютерных наук, физики и в технических отраслях еще меньше. Число мужчинученых в университетах США превосходит число женщин. Почему? Десятилетиями считалось, что так происходит из-за предвзятого отношения и дискриминации по половому признаку, однако, возможно, все дело в материнских обязанностях.

> Не спорим, что в течение десятилетий женщинам в науке приходилось

бороться с дискриминацией. Но Уэнди Уильямс (Wendy Williams) и Стивен Сеси (Stephen Сесі), супружеская пара психологов из Корнеллского университета, недавно заинтересовались, до сих пор ли сталкиваются представите-

ли слабого пола с большими проблемами, чем мужчины, при приеме на работу, публикации статей и получении грантов. Они не обнаружили четкой связи с гендерной принадлежностью претендентов. «Проблема не в том, что женщины подвергаются дискриминации при рассмотрении заявки, а в том, что они не подают ее», — объясняет Уильямс, которая опубликовала результаты своего исследования в Proceedings of the National Academy of Sciences в прошлом году, а затем по его следам написала статью в American Scientist.

Согласно данным Национальной академии наук, которые приводят в своей работе Уильямс и Сеси, 27% аспирантов, защищающихся по математике, — это женщины, однако заявки на постоянные должности от них составляют только 20% от общего объема. В химии этот дисбаланс выражен еще сильнее: 32% защитившихся аспирантов — женщины, но им принадлежат только 18% от заявок на постоянную работу.

Вильямс считает, что милых дам в профессиональной реализации сдерживает невозможность одновременно и отвечать многим требованиям академического успеха, и выполнять свои семейные обязанности. Самый напряженный период вжизни исследователя — от 20 до 30 лет, и как раз в это время «биологические часы» уженщины тикают настойчивее всего. Мужчинам проще отложить появление детей «на потом», им легче сочетать роль отца и отвечать требованиям академического карьерного роста, потому что в любом случае на мам приходится львиная доля обязанностей по воспитанию детей, добавляет Сеси.

Недавние исследования Адама Мальтеза (Adam Maltese) показывают, что мужчины, учащиеся в аспирантуре, на 5–10% чаще заводят детей, чем аспирантки-женщины.

Однако не все верят, что проблема именно в этом. «Материнство и семейные обязанности, без сомнения, влияют на карьеру женщины в науке, однако все не так просто, как представляется в этой схеме», — говорит Ширли Малколм (Shirley Malcom), глава отдела образования и трудовых ресурсов в Американской ассоциации содействия развитию науки.

Но и Малколм, и Уильямс с Сеси согласны в том, что университеты должны предоставлять представительницам прекрасного пола

### СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ



возможность работать по неполному или гибкому графику, если они хотят завести семью и прислушаться к тиканью своих биологических часов. Таким образом женщины смогут уделять больше времени своей научной работе. Многие университеты уже начали предоставлять отпуск «по семейным обстоятельствам» своим выпускникам, защита которых откладыва-

ется из-за беременности. При этом и стипендия,

и медицинская страховка также продляются. «Нельзя заставлять женщину выбирать между карьерой и семьей, - говорит Малколм. - Задача организаций - создавать такой климат, при котором им никогда не придется делать этот ужасный выбор».

Мелинда Уэннер Мойер

### Утилизация адского элемента

### Эксперты говорят: оставшийся плутоний необходимо захоронить

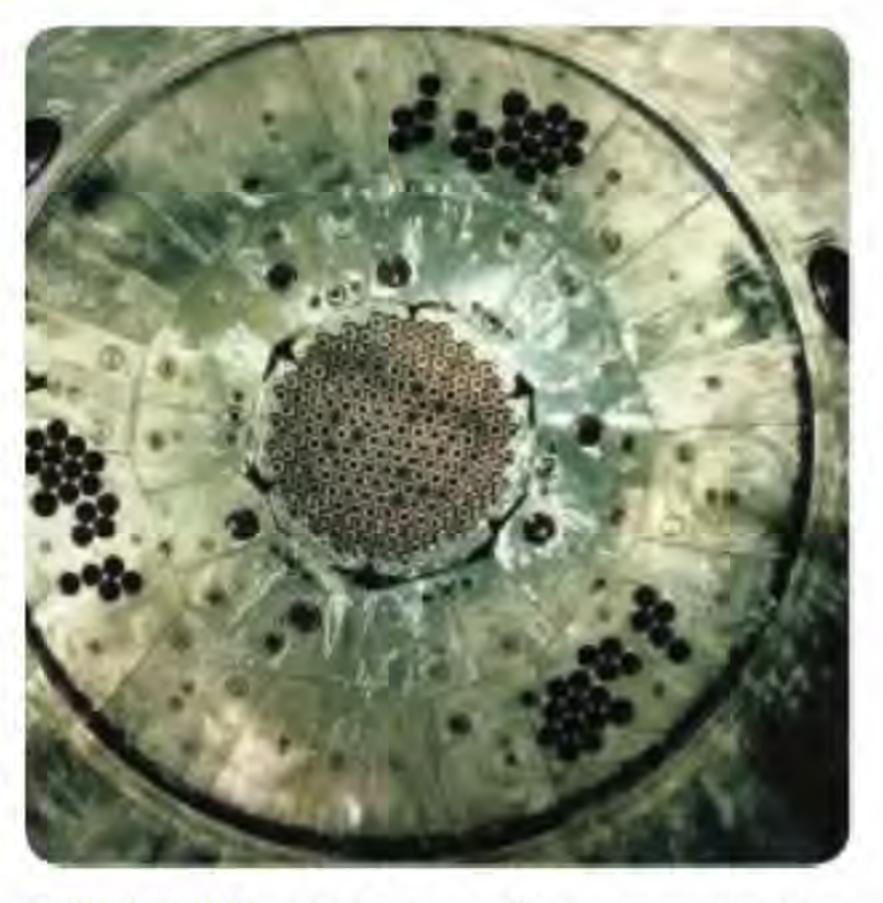
Почти весь радиоактивный плутоний на нашей планете - дело рук человека. Его запасы составляют примерно 500 т, чего достаточно для производства 100 тыс. ядерных бомб. Основная часть плутония — наследие гонки ядерных вооружений между США и Советским Союзом, но все большее количество — продукт ядерной энергетики.

Группа ученых утверждает, что захоронение плутония — единственное приемлемое решение проблемы утилизации этих опасных во многих отношениях запасов. В комментарии, опубликованном в мае в журнале Nature, несколько физиков и ученых в области окружающей среды рекомендовали правительству Великобритании пойти по пути изучения методов консервации «адского элемента» в виде керамических блоков, которые можно будет захоронить в глубоких пещерах или подземных скважинах.

Пока же страны идут другим путем. Великобритания, по примеру Франции и Японии, намеревается использовать плутоний для производства так называемого МОХ-топлива (уран-плутониевое оксидное топливо, от англ. Mixed OXide fuel. — Прим. пер.), состоящего из различных окислов урана и плутония. В США делают то же самое. Там \$13 млрд выделены на переработку 34 т плутония в МОХ-топливо на заводе в Южной Каролине, несмотря на то что это дороже и труднее, чем производство обычного топлива для реакторов.

Япония, Франция, Россия и США использовали плутоний и в так называемых реакторах на быстрых нейтронах, в которых нейтроны инициируют ядерную реакцию деления. Но проблема в том, что для охлаждения в реакторах на быстрых нейтронах вместо воды применяется очень огнеопасный жидкий натрий. Тем не менее проблема утилизации радиоактивных материалов остается. Она лишь откладывается на какое-то время.

Так почему бы не пойти по более дешевому пути и не обезвредить плутоний, а затем захоронить его глубоко



РАДИОАКТИВНО! Активная зона охлаждаемого натрием реактора на быстрых нейтронах

под землей? Может быть потому, что найти место для захоронения - проблема политически не менее радиоактивная? Одно из возможных решений проблемы хранения ядерных отходов, репозиторий в недрах горного хребта Юкка-Маунтин в Неваде, сегодня не ближе, чем в 1980-х гг., когда его впервые выбрали в качестве радиоактивного могильника. Согласно представленному в апреле отчету Правительственной счетной палаты, Соединенные Штаты финансово не готовы и к демонтажу отработавших свой срок атомных реакторов, и к утилизации оставшихся в них радиоактивных отходов.

Проблема утилизации плутония, «однозначно опасного из-за возможности создания оружия материала», объясняют ученые, заключается в том, что никто не хочет оплачивать его захоронение рядом со своим домом. Даже глубоко под землей.

Дэвид Биелло

### Предсказать извержение вулканов

Новые способы моделирования колебаний, предшествующих извержениям вулканов, могут предупредить о надвигающемся бедствии



Вулкан Сент-Хеленс, 1980 г.

Взрывным извержениям вулканов вроде разрушительного взрыва вулкана Сент-Хеленс в 1980 г. часто предшествуют колебания — небольшие землетрясения. Однако попытки прогнозировать с их помощью время и силу подобных взрывов оставались безуспешными. Сегодня междисциплинарные группы исследователей разработали модели, которые могут помочь предсказывать катастрофические извержения за несколько часов или даже дней.

Ученые из Лидского университета в Англии занималась разгадкой тайны: почему вулканические подземные толчки происходят сериями и могут зарождаться на разных глубинах внутри вулкана? Возможно, ответ прост и заключается в поведении магмы: при быстром растяжении она может разрываться. Когда раскаленное вещество, поднимающееся по главному жерлу, разрывается, в нем возникают глубокие трещины. Они снижают прочность магмы, способствуя ее разрыву в других местах и ускоряя ее течение, что вызывает дальнейшие разрывы.

Такая серия разрывов может объ- говорит Нойберг. яснять серии землетрясений, отме- чавшихся ранее в ходе исследований

вулканов. Анализ колебаний даст возможность определить, как быстро поднимается магма «и, следовательно, может использоваться для предсказания взрыва», — говорит геофизик Юрген Нойберг (Juergen Neuberg) из Лидса. Свои результаты Нойберг и его коллега по Лидскому университету Марк Томас (Mark Thomas) подробно изложили в номере журнала Geology от 2 марта.

В модели, разработанной другой группой, рассматриваются колебания, вызываемые «качанием» столба магмы в жерле вулкана подобно рейке метронома. Частота этих колебаний соответствует основной частоте большинства вулканических толчков, отмечает вулканолог и геофизик Марк Еллинек (Mark Jellinek) из Университета Британской Колумбии, который описал результаты работы своей группы в номере журнала Nature от 24 февраля 2011 г. (Scientific American входит в Nature Publishing Group.)

Данные модели указывают, что с приближением момента взрыва частота колебаний должна расти предсказуемым образом: при взрывных извержениях образуются газы, которые должны сжимать столб магмы, делая его тоньше и жестче, так что частота его колебаний должна возрастать. Обе группы исследователей говорят, что для совершенствования разрабатываемых ими моделей нужны дополнительные данные от вулканов. Для любых попыток предсказать взрывные извержения в будущем потребуются также сведения о выделениях газов и изменениях формы вулкана перед взрывом. «Если мы рассмотрим все эти данные в совокупности, мы, возможно, научимся предотвращать трагедии», -

Чарлз Чой



### ОКТЯБРЬ 1962

Фрэнсис Крик о кодировании.

«Нуклеиновые кислоты образуются посредством объединения четырех видов нуклеотидов в полинуклеотидную цепь. Эта цепь служит хребтом, изкоторого через регулярные интервалы выступают группы четырех типов, называемые основаниями. Однако чере-

дование этих оснований нерегулярно, и именно вид их последовательности, как считается, и содержит в себе генетическую информацию. Иначе говоря, проблема кодирования — это проблема того, каким образом последовательность четырех оснований в нуклеиновой кислоте определяет последовательность 20 аминокислот в белке». — Фрэнсис Крик (Francis H. C. Crick).

Примечание: работа 1953 г. одним из авторов которой был Ф. Крик, удостоилась Нобелевской премии за 1962 г.

Когнитивный диссонанс. «Когда два элемента знания психологически не согласуются между собой, говорят, что они находятся в диссонансе. Эти два элемента могут относиться к поведению, чувствам, мнениям, предметам, окружающей среде и т.д. Слово "когнитивный" просто подчеркивает, что теория касается взаимоотношений между элементами знания. Последние, разумеется, могут меняться. Человек может менять свое мнение или свое поведение, соответственно меняя знание о нем; он может даже искажать свое восприятие окружающей действительности. Изменения когнитивных элементов, которые создают или восстанавливают согласованность, называются изменениями, уменьшающими диссонанс. Когнитивный диссонанс — это состояние, побуждающее к действиям. Как голод побуждает человека есть, так когнитивный диссонанс побуждает его к изменению своих мнений или своего поведения». — Леон Фестингер (Leon Festinger).

### ОКТЯБРЬ 1912

Бактерии против саранчи. Бактериальные эпидемии среди саранчи за два года избавили Юкатан от ее полчищ, которые периодически вторгались в Мексику. Болезнь длится от 12 до 46 часов и характеризуется сильнейшей диареей, причем вкишечнике насекомых содержится почти чистая культура бактерий. Эту культуру выделил Феликс д'Эрель (Felix d'Herelle), представивший результаты своих исследований в памятной записке для Французской академии наук. Сегодня, занявшись по просьбе правительства Аргентины исследованием эффективности этих бактерий в борьбе с другим видом саранчи, ежегодно опустошающим большие районы в бассейне реки Параны, он достиг удивительно хороших результатов.

Примечание: дальнейшая работа д'Эреля над этими бактериями привела в 1917 г. к открытию им бактериофагов — вирусов, поражающих бактерии.

Презренная лошадь. Лондонская газета Daily Mirror опубликовала колкую передовицу о глупом решении введении налога на передвижение по улицам города на автомобиле: «В большом городе лошадь опасна. Много говорят о введении налога на автомобили за использование ими улиц, но налог нужно было бы ввести на лошадь, а не на автомобиль. Гужевой транспорт негигиеничен, непредсказуем и занимает слишком много места. Введите налог на лошадей, как вы ввели на собак, и оставьте автомобили в покое».



### **ОКТЯБРЬ** 1862

Поднять якоря. Механизмы для отдачи и подъема якорей очень важны для безопасности и работы любого корабля, бороздящего большую воду. На прилагаемой гравюре представлены различные виды этих механизмов.

Помощь фермерам. Вотчете

главы Бюро переписи населения США говорится: «Орудия для обработки почвы, сева, жатвы и послеуборочной обработки огромного урожая зерновых в нашей стране, в частности в прериях Запада, демонстрируют триумф технической мысли. Без постоянных усовершенствований конструкции плугов и других сельскохозяйственных орудий, кульминацией которых стало создание парового плуга, возможно, не удалось бы повысить урожаи пшеницы и кукурузы на этих плодородных равнинах. Сегодня ни один крупный производитель зерна не может обойтись без жаток, комбайнов, молотилок, веялок и зерноочистительных машин».

Примечание: слайд-шоу о сельскохозяйственной технике с 1862 г. по наши дни см. по адресу: www.ScientificAmerican/com/oct2012/agriculture



Любому кораблю, будь то парусник или пароход, прежде чем отправиться в путь, нужно поднять якоря; показанный здесь запатентованный брашпиль ускоряет эту работу (1862 г.)

### КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

- 1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
- 2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
- 3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
- по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, кор. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;
- по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
- по факсу: +7(495) 939-42-66

2011 г.

2010 г.

2009 г.

#### Стоимость подписки на первое полугодие 2012 г. составит:

Для физических лиц: 1140 руб. 00 коп. — доставка заказной бандеролью\*.

Для юридических лиц: 1500 руб. 00 коп.

Стоимость одного номера журнала: за 2005-2006 гг. — 50 руб. 00 коп., за 2007 г. — 70 руб. 00 коп., за 2008 г. — 80 руб. 00 коп.; за 2009 г. — 100 руб. 00 коп. — первое полугодие, 110 руб. 00 коп. — второе полугодие; за 2010 г. — 120 руб. 00 коп.

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — 70 руб.

Номера журнала за 2003-2004 гг. предоставляются в редакции бесплатно.

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

Бланк подписки на журнал размещен на сайте www.sciam.ru.

Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой на отделение почтовой связи.

\* Если ваша заявка о подписке получена до 10 числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

10

Ф.И.О.

Индекс

Область

Город

12

2008 г.			Улица	
2007 г.				
2006 г.			Дом K	
2005 г.			Телефон	
2004 г.			E-mail:	
* Выделенные черным	цветом номера отсутствуют			
	Некоммерческое парт «Международное парт распространения науч Расчетный счет В Московском банке О России ОАО №9038/0 Корреспондентский сч	тнерство нных знаний» Сбербанка 0495 чет 30	703810238180000277 БИК 044525225 101810400000000225 КПП 772901001	
	Фамилия	Фамилия, И.О., адрес плательщика		
	Вид платежа	Дата	Сумма	
	Подписка на журнал «В мире науки» №	год		
	Плательщик	Плательщик		
	«Международное партраспространения науч Расчетный счет В Московском банке ( России ОАО №9038/0 Корреспондентский сч	Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний» Расчетный счет 40703810238180000277 В Московском банке Сбербанка России ОАО №9038/00495 БИК 044525225 Корреспондентский счет 30101810400000000225 ИНН 7701059492; КПП 772901001		
	Вид платежа	Дата	Сумма	
	Подписка на журнал «В мире науки» №	год		

Плательщик

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"

можно:

в почтовых отделениях ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

подписной индекс 81736 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ, 19559 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

подписной индекс 16575 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ, 11406 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ;

АП ИНТЕР-ПОЧТА

подписной индекс 4626 WWW.INTERPOCHTA.RU КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724 WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

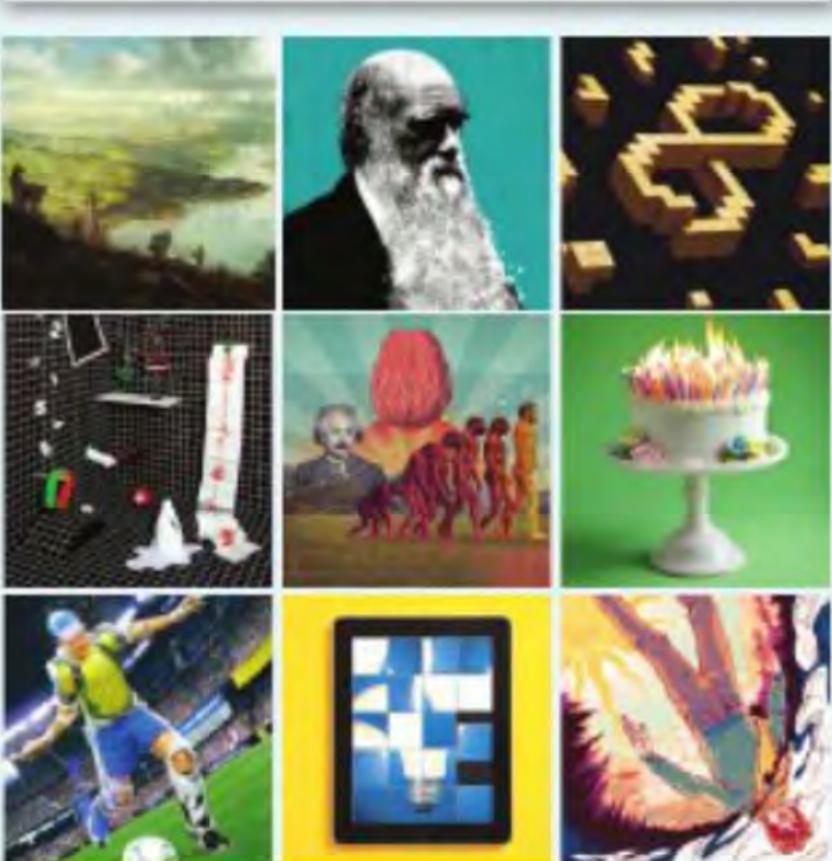
СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС", WWW.AKC.RU

### Читайте в следующем номере:





### Кто мы?

### Сверхчеловечество

Стремление вырваться за пределы, уготованные эволюцией, отличает нас от других живых существ

### Можем ли мы стать умнее?

Вполне возможно, что в сравнении с будущими поколениями мы будем казаться тупицами

### Как прожить век

Два подхода к исследованию долголетия, чтобы продлить среднюю продолжительность жизни до ста лет и более.

### Что мы можем?

#### Силой мысли

Ведутся работы над тем, чтобы парализованные люди могли управлять своими конечностями при помощи мысленных усилий.

### На переднем крае

Десять проектов, раздвигающих границы мира техники.

#### Машины бесконечности

От способности машин быстро отвечать на вопросы, требующие ответов «да» или «нет», может зависеть все — от национальной безопасности до пределов человеческого познания.

### Куда мы идем?

### Вопросы на следующий миллион лет

Что выяснили бы ученые, если бы смогли проводить исследования, которые продолжаются сотни, тысячи лет или даже больше?

### Великий климатический эксперимент

Как далеко мы можем продвинуть нашу планету?

#### За квантовым горизонтом

Квантовая теория, утверждающая, что ничего нельзя знать наверняка, на практике продвигает вычислительную мощь компьютеров и возможности человеческого разума.

## DECTIBALE

октября 2012







Вход свободный



### В программе Фестиваля:

- научно-популярные лекции выдающихся ученых;
- интерактивные выставки, демонстрация техники;
- тематические экскурсии по музеям;
- демонстрация научно-популярных фильмов;
- занимательные научные эксперименты, познавательные игры;
- интеллектуальные соревнования;
- экскурсии по научным лабораториям;
- театр занимательной науки;
- удивительные экспонаты "Зазеркалья"
- концерты, выставки творчества, фейерверки

Программи рассчитана на людей разного возраста – от юных посетиталей до представителей старшего локоления. Вход на все площадии бесплатный.

#### Участиния Фастивали

- try in
- государственный научения дентры РФ, научные центры РАН в РАМН
- инноватионите комизнъп
- зарубежные жучные центры
- Myzeum
- префектура

Более 200 собственных площадок организаций - участников в Москве и других городах России



Центральная площадка Фестиваля -Фундаментальная библиотека МГУ и Шуваловский корпус МГУ



Центральная выставочная площадка Фестиваля - ЦВК Экспоцентр" (Павильон 2, зал 4)



Реклама