

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

[www.scfh.ru](http://www.scfh.ru)

2/3

2/3<sup>(78)</sup> • 2018

НАУКА из ПЕРВЫХ РУК

№ 2/3 (78) 2018

ОЧЕРЕДНОЕ  
ПОСЛАНИЕ  
«СТРАНЫ  
ВУЛКАНОВ»

БУДКЕР  
В ЧЕТЫРЕХ  
РАКУРСАХ

МЕГАЦУНАМИ –  
ГЛАВНАЯ УГРОЗА  
МОРСКИХ  
ПОБЕРЕЖИЙ

КОСТИ  
МОЕЙ  
БАБУШКИ

“В роскошных Шлемах,  
в пышном блеске Лат...”

*В 2007 г. «лицом обложки» выпуска «НАУКА из первых рук» № 1(13), посвященного эпохе Чингисхана, стала правнучка алтайского шамана и аспирантка НГУ Карина Белинская, одетая в средневековые доспехи кочевников. Десятилетие спустя Карина вновь послужила «моделью» для статьи, которая продолжает тему предметной научно-исторической реконструкции вооружения древних кочевников, начатую в 2015 г. публикацией «Доспехи волка»*



[www.scfh.ru](http://www.scfh.ru)

*Научно-историческая  
реконструкция шлема  
и доспеха аварского  
(жужаньского) воина  
VI – начала VII в.  
Выполнена  
по случайной находке  
целого шлема  
в Хомутовском р-не  
(Курская обл.).  
Фото С. Борисенко*

*Лаборатория  
палеотехнологий  
Научно-образовательного  
центра  
«Новая археология»  
Новосибирского  
государственного  
университета*

**2/3.** 2018  
научно-популярный журнал



# НАУКА

из первых рук



## В НОМЕРЕ:

Лавовые потоки «пахой-хой», что в переводе означает «можно ступать голыми пятками», говорят о гавайском характере последнего извержения камчатского вулкана Толбачика

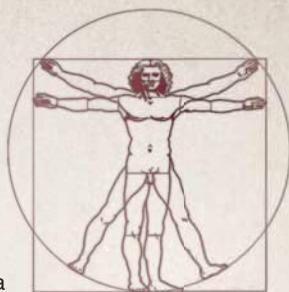
Академик Г. И. Будкер: «Ученые делятся не на молодых и старых, а на умных и дураков!»

Трансокеанские цунами способны, производить серьезные разрушения на противоположных берегах океанического бассейна, на расстоянии более 5000 км от очага землетрясения

Одной книги «Петрология траппов Сибирской платформы» было бы достаточно, чтобы вписать имя академика Владимира Степановича Соболева в историю науки

Новый центр синхротронного излучения «СКИФ» в Академгородке под Новосибирском должен стать передовой частью мировой научной инфраструктуры

Познавательный журнал  
для хороших людей



### Редакционная коллегия

главный редактор  
акад. *Н. Л. Добрецов*  
заместитель главного редактора  
акад. *В. И. Бухтияров*  
заместитель главного редактора  
акад. *В. В. Власов*  
заместитель главного редактора  
чл.-кор. *Н. В. Полосьмак*  
заместитель главного редактора  
акад. *В. Ф. Шабанов*  
ответственный секретарь  
*Л. М. Панфилова*  
акад. *И. В. Бычков*  
акад. *М. А. Грачев*  
акад. *А. П. Деревянко*  
акад. *А. В. Латышев*  
к. ф.-м. н. *Н. Г. Никулин*  
акад. *В. Н. Пармон*  
акад. *Н. П. Похиленко*  
чл.-кор. *М. П. Федорук*  
акад. *М. И. Эпов*

### Редакционный совет

акад. *Л. И. Афтанас*  
акад. *Б. В. Базаров*  
чл.-кор. *Е. Г. Бережко*  
акад. *В. В. Болдырев*  
акад. *А. Г. Дегерменджи*  
проф. *Э. Краузе (Германия)*  
акад. *Н. А. Колчанов*  
акад. *А. Э. Конторович*  
акад. *М. И. Кузьмин*  
акад. *Г. Н. Кулипанов*  
д. ф.-м. н. *С. С. Кутателадзе*  
проф. *Я. Липковски (Польша)*  
акад. *Н. З. Ляхов*  
акад. *В. И. Молодин*  
д. б. н. *М. П. Мошкин*  
чл.-кор. *С. В. Нетесов*  
д. х. н. *А. К. Петров*  
проф. *В. Сойфер (США)*  
чл.-кор. *А. М. Федотов*  
д. ф.-м. н. *М. В. Фокин*  
д. т. н. *А. М. Харитонов*  
акад. *А. М. Шалагин*  
акад. *В. К. Шумный*  
д. и. н. *А. Х. Элерт*

### Над номером работали

к. б. н. *Л. Овчинникова*  
*Л. Панфилова*  
к. б. н. *М. Перепечаева*  
*Т. Морозова*  
*А. Харкевич*  
к. ф. н. *Е. Игнатова*  
*А. Мистрюков*

«Естественное желание хороших  
людей – добывать знание»

Леонардо да Винчи

### Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредители:

Сибирское отделение Российской  
академии наук (СО РАН)

Институт физики полупроводников  
им. А. В. Ржанова СО РАН

Институт археологии и этнографии  
СО РАН

Лимнологический институт СО РАН

Институт геологии и минералогии  
им. В. С. Соболева СО РАН

Институт химической биологии  
и фундаментальной медицины СО РАН

Институт нефтегазовой геологии  
и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН

ООО «ИНФОЛИО»

Издатель: ООО «ИНФОЛИО»

Адрес редакции и издателя:  
630090, Новосибирск,  
ул. Золотодолинская, 11  
Тел.: +7 (383) 330-27-22, 330-21-77  
Факс: +7 (383) 330-26-67  
e-mail: zakaz@info-press.ru  
e-mail: editor@info-press.ru

<https://scfh.ru>

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство ПИ № ФС77-37577  
от 25 сентября 2009 г.

ISSN 2310-2500

Отпечатано в типографии  
ООО «ИД „Вояж“» (Новосибирск)

Дата выхода в свет 03.08.2018

Свободная цена

Перепечатка материалов только  
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2018

© ООО «ИНФОЛИО», 2018

© Институт физики полупроводников  
им. А. В. Ржанова СО РАН, 2018

© Институт археологии и этнографии  
СО РАН, 2018

© Лимнологический институт СО РАН,  
2018

© Институт геологии и минералогии  
им. В. С. Соболева СО РАН, 2018

© Институт химической биологии  
и фундаментальной медицины  
СО РАН, 2018

© Институт нефтегазовой геологии  
и геофизики им. А. А. Трофимука  
СО РАН, 2018

## Дорогие друзья!

С самого начала своего существования человечество оказывало влияние на окружающую среду, и в последнее столетие это влияние усилилось настолько, что его результаты стали сравнимы с последствиями масштабных природных процессов. Однако грозные проявления активной «внутренней» жизни планеты – катастрофические природные явления, и в первую очередь извержения вулканов, землетрясения и цунами, – по-прежнему неподвластны человеку.

Земля не так уж и велика для стремительно растущего человечества, и, несмотря на печальные уроки прошлого, сегодня вокруг вулканов и в других сейсмически опасных зонах растут города с многомиллионным населением. Густонаселенная акватория Тихого океана является еще и местом действия разрушительных цунами, возникающих в результате подводных землетрясений. В результате с каждым годом все больше людей рискуют испытать на себе удар неподвластных им стихийных сил, часто смертельных. В так называемое Тихоокеанское «огненное кольцо», цепочку из более трехсот действующих вулканов, протянувшуюся по периметру океана, входит и российская Камчатка, крупный центр современного вулканизма.

В центре внимания нового выпуска журнала – рассказ об исследовании недавнего мощного извержения камчатского вулкана Толбачик, входящего в Ключевскую группу вулканов. Из-за огромного разнообразия вулканов и режимов их извержения этот район часто называют «заповедником вулканизма», а малая населенность и практически отсутствие риска для людей делают его настоящим природным полигоном для изучения вулканизма, подобно тому, как озеро Байкал является природной «лабораторией» для экологических и эволюционных исследований.

Последнее извержение на Толбачике (2012–2013) принесло исследователям немало сюрпризов. Несмотря на то, что Толбачик сформировался над зоной субдукции, где происходит погружение литосферной плиты, состав его изверженных лав оказался по ряду признаков сходен с составом лав вулканов, образующихся над плюмами – стационарными струями, поднимающимися из мантии к поверхности планеты. Еще одна необычная особенность – неоднородность геохимического состава лав. Это заставило ученых предположить, что под вулканом существует несколько магматических очагов, которые постоянно взаимодействуют между собой. В дальнейшем гипотеза была подтверждена с помощью сейсмотомографического моделирования, о котором рассказывает в своей статье профессор И. Ю. Кулаков.

Настоящим открытием для наших читателей станет статья д. ф.-м. н. В. К. Гусякова, посвященная проблеме возникновения и прогнозирования мегацунами. Эти гигантские волны, возникающие в результате землетрясений предельной магнитуды 9.0–9.5, – доста-



точно редкое событие, но именно они вызывают огромные человеческие потери и наибольший материальный ущерб. Большинство «обычных» землетрясений, к примеру в зоне Тихоокеанского «огненного кольца», способны возбуждать опасные цунами высотой 15–20 м, но область их воздействия обычно ограничена размерами самого очага. Цунами же, порожденные мегаземлетрясениями, могут распространяться по океану на огромные территории и вызывать значительную «раскачку» акватории окраинных морей! Даже на расстоянии в 5 тыс. км от очага высота такой волны может достигать 20 м, как это произошло на Алеутах в апреле 1946 г.

Крупнейшей природной катастрофой на территории современной России за последнее столетие стали землетрясение и вызванное им мегацунами, случившиеся на Курильских островах 4 ноября 1952 г. Гигантская океаническая волна полностью уничтожила несколько населенных пунктов, включая г. Северо-Курильск, а число жертв, по неопубликованным данным, составило более 10 тыс. человек.

К сожалению, предупредить и эффективно бороться с подобными стихийными бедствиями человечество не в силах. Поэтому актуальной задачей для ученых является исследование процессов, которые предшествуют этим природным катастрофам. Одной из главных целей моделирования развития таких событий является получение максимально точного прогноза, с помощью которого можно выиграть время и спасти сотни или даже тысячи жизней.

Помимо важного практического значения, изучение внутреннего строения Земли и процессов, происходящих в ее недрах, расширяет наши знания о планетарных циклах преобразования вещества, включая стадии рудообразования, и в конечном счете углубляет наши фундаментальные представления об эволюции Земли и других космических тел.

Академик Н. Л. Добрецов,  
главный редактор

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end.



**КАМЧАТСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ И ЦУНАМИ**  
4 ноября 1952 г. является **САМЫМ КРУПНЫМ**  
**СТИХИЙНЫМ БЕДСТВИЕМ** на территории  
**РОССИИ** за всю ее современную историю. **С. 12**

**АКАДЕМИК Г. И. БУДКЕР:** «Никогда не делай  
то, что делают другие. Это на **100%** обрекает  
**НА НЕУДАЧУ**». **С. 58**

В русском языке **«КРАСНЫЙ»** означает  
**«КРАСИВЫЙ И СОВЕРШЕННЫЙ»**  
(красна девица), в тувинском – **«ГОЛЫЙ**  
**И НИЩИЙ»**. **С. 90**



**.01**

#### **НОВОСТИ НАУКИ**

- 6** Институт катализа СО РАН:  
от фундаментальной науки –  
к коммерческому продукту

**.02**

#### **ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ**

- 12** **В. К. Гусяков**  
GROUND ZERO:  
Мегаземлетрясения – главная угроза  
безопасности морских побережий
- 36** **И. Ю. Кулаков**  
Извержение Толбачика – очередное  
послание «страны вулканов»
- 52** **Н. Л. Добрецов**  
Толбачик – геохимический феномен.  
*Комментарий главного редактора*

**.03**

#### **СУДЬБЫ**

- 58** **А. А. Мелик-Пашаева**  
Будкер в четырех ракурсах  
*К 100-летию академика Г. И. Будкера*
- 78** Алмазные судьбы.  
*К юбилею академика В. С. Соболева*





У **СОВРЕМЕННЫХ** людей снижен «**ЗАПАС ПРОЧНОСТИ**» – масса «цементированной» кальцием костной ткани, что грозит **РАННИМ ОСТЕОПОРОЗОМ**. С. 100

При виде **ЖИВОЙ ДОБЫЧИ** растительноядные грызуны демонстрируют типичное поведение **ХИЩНИКА**, и «**МЫШКА** становится **КОШКОЙ**». С. 122

Прекрасные «**АМАЗОНКИ**» в сверкающих **ШЛЕМАХ И ДОСПЕХАХ** – под руками ученого-реконструктора оживает **ВОЕННАЯ** история древних **КОЧЕВНИКОВ**. С. 130

.04

#### НАУКА И ОБЩЕСТВО

- 90 **Н.Б. Кошкарева**  
Сколько цветов в радуге?
- 100 **М.А. Королев**  
Кости моей бабушки,  
или Проверь себя на прочность
- 110 **В.О. Омельченко**  
«Темная лошадка»  
современной медицины,  
или Что стоит знать о ревматологии?
- 122 **Я.В. Левенец**  
Грызуны выходят на охоту

.05

#### ОРУЖИЕ И ДОСПЕХИ

- 130 **Ю.А. Филиппович**  
«В роскошных шлемах,  
в пышном блеске лат...»



# ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА СО РАН: от фундаментальной науки — к коммерческому продукту

*Для новосибирского Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН 2018 год стал особенным. В июне этому, по словам Председателя Сибирского отделения РАН академика В. Н. Пармона, «сильнейшему в стране институту физико-химического профиля и самому крупному по численности химическому институту в России» исполнилось 60 лет со дня образования, что было отмечено праздничными мероприятиями, на которые съехались гости со всего мира. А в апреле этого же года сотрудники института поздравляли с юбилеем и самого академика Пармона, который в течение 20 лет успешно руководил флагманом российского катализа. В интервью журналу «НАУКА из первых рук» нынешний директор ИК СО РАН, академик В. И. Бухтияров, рассказал о современных исследованиях на стыке наук, которые ведутся в институте, о перспективе отечественных катализаторов в российской нефтегазоперерабатывающей отрасли, а также о возможностях, которые откроет перед химиками-каталиками строительство в Новосибирске установки класса «мегасайнс» – междисциплинарного центра синхротронного излучения «СКИФ»*

**БУХТИЯРОВ Валерий Иванович** – действительный член Российской академии наук (2016), д. х. н., директор Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (Новосибирск), профессор (2003), специалист в области физико-химии поверхности, гетерогенного катализа и функциональных наноматериалов. Автор и соавтор более 250 научных работ и 15 патентов на изобретения

Сегодня лишь 14% выпускников школ выбирают для сдачи ЕГЭ химию. Такой слабый интерес к этой увлекательной науке во многом связан с тем, что химию в школе стали преподавать в меньшем объеме. Как правило, молодые люди выбирают химию своей специальностью и областью научных интересов лишь в тех случаях, когда ею занимается кто-то из родителей, либо если «повезло» с учителем химии, сумевшим увлечь учеников непростым предметом. Сам я отношусь ко второй категории: любовь к химии «привила» мне школьная учительница Лилия Михайловна Черноусова, благодаря которой я решил поступать на отделение химии факультета естественных наук Новосибирского государственного университета.

*Ключевые слова:* катализ, синхротрон, нефтепереработка, возобновляемые источники энергии, импортозамещение.

*Key words:* catalysis, synchrotron, oil processing, renewable energy sources, import phase-out

© В. И. Бухтияров, 2018



А вот выбор в пользу катализа делал уже самостоятельно. Студентам 2–3 курсов, которые приходят к нам на кафедру катализа и адсорбции НГУ, я всегда говорю, что если они до сих пор не определились, к чему больше лежит душа – к неорганической или органической химии, материаловедению или химии твердого тела, то пусть смело выбирают катализ – науку междисциплинарную. Именно эта возможность заниматься самыми разными областями химии во многом определила мой собственный выбор. А еще меня привлекла сама атмосфера в лаборатории металлических катализаторов, где занимались «наукой о поверхности» (*surface science*) и куда я попал на экскурсию третьекурсником. Это был чисто мужской коллектив, и работа с металлом показалась мне очень «мужской». Именно *surface science* и стала моей первой любовью в науке.

## В мире катализа

Еще академик Г. К. Боресков, выдающийся химик и организатор нашего института, говорил, что катализаторы и реакционная среда – это единое целое. Реакционная среда «подстраивает» под себя катализатор, а катализатор, в свою очередь, меняет реакционную среду, трансформируя реагенты в продукты реакции. Поэтому, если изучать катализатор вне реакционной среды, нельзя получить полной картины процессов, происходящих на его поверхности в ходе реакции. Раньше, когда ученые только подбирались к изучению так называемых *адсорбционных комплексов*, т. е. собственно структуры поверхности и ее влияния на активацию реагентов химической реакции, исследования велись в высоком вакууме. Эта тенденция, начавшаяся в 1970-е гг., просуществовала вплоть до середины 1990-х гг. На рубеже столетий методы исследования в высоком вакууме начали сменяться методами, позволяющими изучать поверхность катализаторов уже непосредственно в ходе реакции.

Исследования *in situ*, т. е. в сам момент протекания химической реакции, представляют в наши дни одно из приоритетных направлений в катализе и часто используются в качестве обоснования при решении о развитии объектов мегасайнс, таких как источники синхротронного и нейтронного излучений. Именно поэтому Институт катализа принимает самое активное участие в продвижении проекта междисциплинарного центра синхротронного излучения «СКИФ», который будет построен в Новосибирске. Этот мощный источник синхротронного излучения позволит широко развивать физические методы, в том числе и поверхностно-чувствительные. То, что современный центр синхротронного излучения будет строиться у нас, увеличит престиж науки, «сделанной» в Сибири.



Профессор К. Миродатос (Институт исследований катализа и окружающей среды, Лион, Франция) и академик В. Н. Пармон (справа) на праздновании юбилея Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН

Еще один мировой тренд на стыке наук – катализ в органической химии. Огромное количество материалов – продуктов малотоннажной или полимерной химии – сегодня используется в производстве и быту, делая более комфортной жизнь человека. Одежда, лекарства, домашние приборы, технические устройства – все это произведено с применением каталитических технологий. И этот перечень можно продолжать практически бесконечно.

Конечно, материалы малотоннажной химии можно производить как каталитическими, так и некаталитическими способами. Преимущество первого способа в том, что он позволяет «управлять» самой структурой производимых материалов, которая во многом и определяет их свойства. К примеру, с помощью катализаторов можно получить волокна сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности. Бронезилеты из такого материала обеспечат эффективную защиту, при этом вес их существенно уменьшится.

Кроме того, использование катализаторов в органическом синтезе позволяет увеличить выход нужного вещества, что одновременно означает уменьшение выхода побочных, часто небезопасных продуктов. Недаром каталитический способ производства химической продукции входит в список 12 принципов «зеленой химии», которыми сегодня нужно руководствоваться при создании химических технологий. Существуют два вида катализа: *гомогенный*, когда катализатор и реагирующие вещества находятся в системе в одном фазовом состоянии (например, жидком), и *гетерогенный*, при котором катализатор находится в виде самостоятельной фазы. Задача нашего века для гетерогенного катализа, который является существенно

**ПАРМОН Валентин Николаевич** – действительный член Российской академии наук, д. х. н., научный руководитель Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой физической химии факультета естественных наук Новосибирского государственного университета. Директор Института катализа им. Г. К. Борескова в 1995–2014 гг. Председатель СО РАН с 2017 г.

Автор и соавтор более 800 научных работ, включая 7 монографий, 7 учебников для вузов и более 100 авторских свидетельств и патентов

более технологичным, чем гомогенный, – повышение селективности каталитических реакций, что позволит уменьшить производство побочных, зачастую ненужных и даже вредных веществ.

## Нефть – наша, катализаторы – ?

Как известно, запасы нефти Западной Сибири истощаются, поэтому в будущем большую роль будут играть восточносибирские месторождения, нефть из которых имеет другой состав. Появляются новые задачи, в том числе и перед химиками-каталиками.

Это связано с тем, что в современной нефтепереработке и нефтехимии 90% технологий – каталитические. Сырая нефть, прежде чем стать пригодной, к примеру, для заправки автомобиля, разгоняется на отдельные фракции – бензиновые или дизельные. Суть этой перегонки – удаление тяжелых углеводородов, после которого октановое число бензиновой фракции доходит до 60. Чтобы повысить октановое число до 92 или 95, необходимо перестроить скелет углеводородных молекул, полученных из нефти. Для этого используются такие процессы, как реформинг, изомеризация, алкилирование. Все эти процессы, а также крекинг, в результате которого происходит деление длинноцепочечных углеводородов на более короткие, работают на основе катализаторов. Кстати, первые работы по каталитическому крекингу были начаты еще более полувека назад выдающимся российским химиком В. Н. Ипатьевым.

Другой пример активного использования каталитических технологий – процессы защиты окружающей среды. Сегодня, чтобы уменьшить вредное воздействие на окружающую среду, европейские стандарты строго регулируют содержание вредных веществ в выхлопных газах автомобильных двигателей, и стандарты эти постоянно ужесточаются. Соответственно постоянно идет поиск новых катализаторов для нейтрализации выхлопных газов и технологических подходов к нефтепереработке с целью получения экологичного топлива. Если мы не будем этим заниматься, то наши производители будут вынуждены использовать импортные катализаторы и технологии, как это повсеместно сейчас и происходит.

За последние 10–15 лет импортная составляющая в отрасли, где используются катализаторы, значительно выросла по сравнению с советскими временами, когда в промышленности использовались только отечественные катализаторы. К примеру, некоторые процессы нефтеперерабатывающей отрасли, начиная с 1990-х гг. и до настоящего времени, работают практически только на импортных катализаторах. Еще один грустный пример: в 2018 г. наша страна будет полностью закупать за рубежом катализаторы полимеризации, которые

используются при производстве всех полиолефинов, включая такие многотоннажные, как полиэтилен и полипропилен. Связано это с тем, что весь мир переходит на более экологичные бесфталатные катализаторы, которые промышленно у нас пока не производят, хотя отечественные разработки в этой области существуют.

Что же касается крекинга, то здесь ситуация лучше: почти 80% всех катализаторов, которые используются для этих процессов, отечественного производства. И это благодаря тому, что омский Институт проблем переработки углеводорода (ИППУ) СО РАН вместе с Омским нефтеперерабатывающим заводом, входящим сегодня в структуру «Газпром нефти», постоянно занимаются усовершенствованием этих катализаторов. В целом же «вилка» по импортозамещению катализаторов сегодня широка: от 0 до 100% в зависимости от области применения.

Кстати, помимо нефти и газа, есть и возобновляемые источники энергии: от древесины до быстрорастущего многолетнего злака мискантуса, набирающего популярность в научном мире. Переработка такого сырья – также очень важное направление в катализе, и работать с ним проще и эффективнее, чем с нефтяным.

## Партнер – ключ к внедрению

Еще не так давно коммерческие компании в России вообще не интересовались работами НИИ, их пугал долгий путь от разработки до практического внедрения. Сейчас эта связь между академическими институтами и промышленниками, потерянная с развалом СССР, начинает восстанавливаться.

Но сам процесс внедрения действительно требует больших усилий и ресурсов, в том числе финансовых. Даже наш немаленький институт не может с этим справиться в одиночку. Поэтому в этот процесс обязательно должны быть вовлечены отраслевые институты и инжиниринговые компании. Другим решением проблемы может быть взаимодействие с крупным отечественным бизнесом. Год назад мы подписали соглашение о сотрудничестве с российской компанией «Газпром нефть» – действительно инновационной компанией, которая совместно с учеными пытается превратить отечественные фундаментальные разработки в реальный коммерческий продукт. Это сотрудничество уже дало свои плоды. Так, компания «Газпром нефть» приняла решение о строительстве к 2020 г. в Омске завода, где планируется ежегодно производить более 21 тыс. тонн катализаторов для нефтегазовой отрасли на базе разработок ИК и ИППУ СО РАН.

В 2018 г. вместе с коллегами с предприятия «Экоальянс», созданного на базе завода автомобильных катализаторов «УЭХК» в Новоуральске (Свердловская обл.), и коллегами из Уральского федерального университета мы выиграли очень крупный проект Министерства образования и науки, посвященный исследованию и производству катализаторов дожигания нового поколения. Такие катализаторы способствуют утилизации угарного газа и окиси азота, дожигая несгоревшие углеводороды до углекислого газа и воды.

Мы внимательно следим и за тенденциями в области преобразования солнечной энергии в химическую. Сегодня энергетика, основанная на возобновляемой «зеленой» энергии, очень актуальна. Снова одна из главных проблем, которая до конца не проработана, – неравномерность поступления такой энергии – может быть решена каталитически. Нужно организовать процесс «собираения» и запасания такой энергии в солнечные дни для ее последующего расходования ночью или в пасмурные дни. Можно это сделать в виде энергии химических связей, чтобы потом, при пиковых нагрузках, тратить. Наш институт совместно с московским Институтом нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН и Московским физико-техническим институтом недавно выиграл грант на реализацию проекта

по запасанию солнечной энергии через цикл каталитического гидрирования-дегидрирования.

## Да будет «СКИФ»!

В чем важность специализированного источника синхротронного излучения, который будет построен в новосибирском Академгородке? Строго говоря, подобный центр здесь существует уже более 30 лет – это рабочие станции на электрон-позитронных накопителях ВЭПП-3 и ВЭПП-4 в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. Хотя в первую очередь они предназначены для фундаментальных работ физиков-ядерщиков, ученые из других институтов Сибирского отделения могут использовать создаваемое при движении электронов по круговой орбите синхротронное излучение для своих исследований.

Правда, существует и другой способ поработать с СИ – написать заявку в один из международных центров во Франции, Германии, Японии или Корею. В СО РАН уже давно сформировался своего рода «пользовательский клуб СИ», члены которого постоянно выезжают за границу для подобной работы. С точки зрения международного сотрудничества это плюс, минус же состоит в том, что все поданные заявки



конкурируют между собой. К примеру, наша лаборатория получает одобрение только на каждую четвертую заявку, а это значит, что мы теряем время.

Преимущества появления в России современных источников СИ очевидны, как и выбор Академгородка под Новосибирском в качестве плацдарма – где еще, если не здесь? Ведь рядом есть знаменитый на весь мир ИЯФ СО РАН с его огромным опытом в создании оборудования для источников синхротронного излучения. Кстати говоря, «ияфовские» компоненты в подобном оборудовании стоят по всему миру. Как говорят наши немецкие коллеги, оборудование, поступающее из ИЯФ, можно просто ставить и сразу начинать работу, тогда как даже немецкое оборудование приходится еще доводить «до ума». Было бы неразумно не воспользоваться имеющимися возможностями.

Важно и то, что интерес к СИ у наших ученых высок. Это значит, что мы сможем не только реализовать проект физически, но и обеспечить рабочие станции опытными пользователями – осознанное строительство и осознанная эксплуатация. Я уверен, что новосибирский Академгородок – это единственное место в России, где строительство междисциплинарного центра СИ будет быстрым и качественным. Так думаю не только я: именно благодаря консолидированной позиции ученые СО РАН смогли получить от президента РФ одобрение проекта.

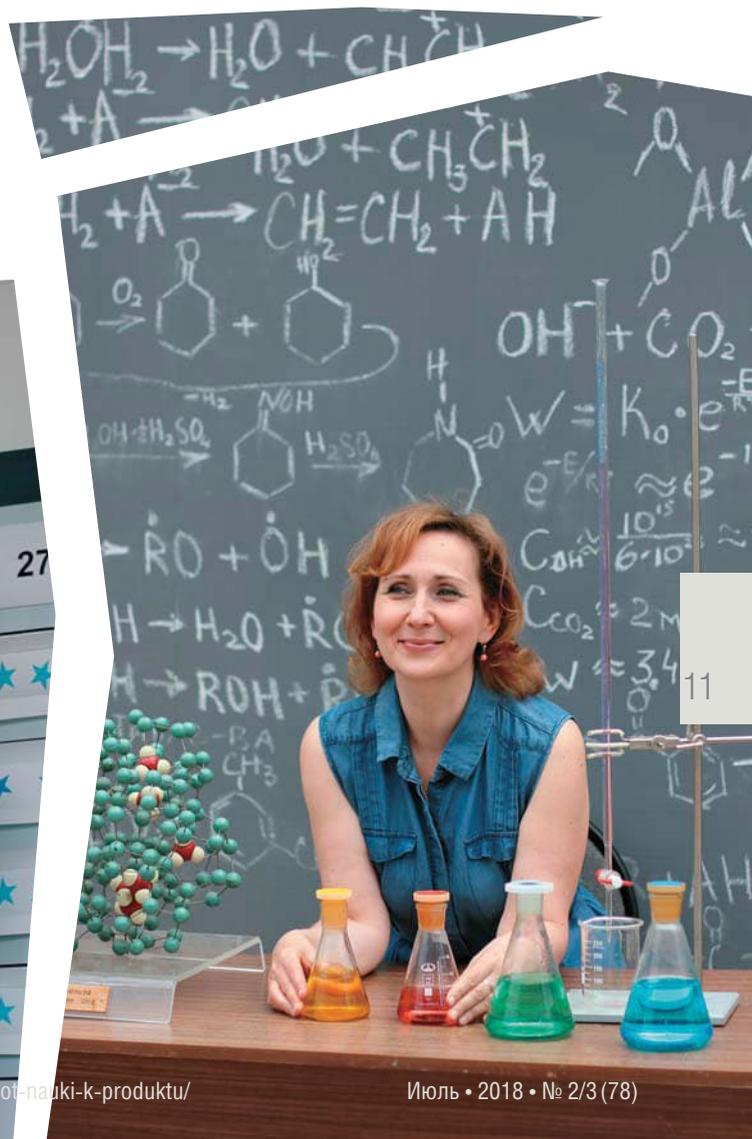
На праздновании 60-летия института ко мне подошли коллеги из Москвы, Санкт-Петербурга, Германии, предлагали свою помощь в экспертизе этого проекта, его реализации. Такой интерес отечественных и зарубежных ученых к нашему проекту еще раз доказывает важность создания нового центра коллективного пользования СИ как части мировой научной инфраструктуры.

#### Литература

Белашева И. П. *Глобальная энергия. Книга о людях, изменивших мир*. М.: Эдитус, 2017. С. 309–318.

Боресков Г. К. *Гетерогенный катализ*. М.: Наука, 1986. 304 с.

Сотрудники Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН на празднике, посвященном юбилею института





# GROUND ZERO:

Мегаземлетрясения —  
главная угроза  
безопасности  
морских побережий

© В. К. Гусяков, 2018



В зоне полного разрушения:  
15-метровая волна, обрушившаяся  
на западное побережье Суматры  
утром 26 декабря 2004 г., сносила  
все на своем пути. *Фото автора*



**ГУСЯКОВ Вячеслав Константинович** – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией математического моделирования цунами (<http://tsun.sccc.ru/tsulab>) Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (Новосибирск), председатель (в 1995–2003 гг.) Комиссии по цунами Международного геодезического и геофизического союза (МГГС), участник многих экспедиций в России и за рубежом по изучению следов разрушительных цунами. Автор более 100 научных публикаций по проблеме цунами и природных катастроф

*Проблема оценки цунамиопасности подводных землетрясений является одной из важных задач сейсмологических исследований в Тихоокеанском регионе, в котором сильнейшие (с магнитудой до 9.0) землетрясения происходят в окружающих его зонах субдукции. Ущерб, наносимый цунами, усиливается их полной внезапностью, быстротечностью, тяжелыми разрушениями и высокой вероятностью фатальных исходов среди людей, оказавшихся в зоне воздействия этих волн. Ввиду наличия постоянных возмущений уровня открытого моря, обусловленных ветровым волнением, штормами и приливами, цунами обладают некоторым естественным порогом (по высоте), ниже которого они практически ненаблюдаемы, а выше него сразу становятся опасными. Проблема эффективной защиты от этого стихийного бедствия осложняется редкостью его проявления на отдельном участке побережья. Даже в наиболее цунамиактивных районах Тихого океана (таких как Япония, Чили, Перу) сильные цунами с жертвами происходят раз в 30–50 лет, катастрофические – раз в 100–150 лет. Эти периоды намного превышают повторяемость, например, ураганов и наводнений и сопоставимы с периодами повторяемости землетрясений и вулканических извержений. По числу жертв и суммарному ущербу цунами находятся на четвертом месте в ряду стихийных бедствий и катастроф, после землетрясений, наводнений и тайфунов. В мировой статистике жертв природных катастроф в XX столетии, унесших более четырех миллионов жизней, доля цунами была относительно невелика и составляла чуть более 1%. Индонезийская катастрофа 2004 г., унесшая 228 тыс. жизней, сразу подняла эту долю до 20%*

**Р**аннее утро воскресенья 26 декабря 2004 г. на северо-западном побережье Суматры было солнечным и уже жарким. Хозяйки в небольшом местечке Лхо-Нга, дома которого прятались среди кокосовых пальм, растущих сразу за песчаной полосой пляжа, уже успели покормить домашнюю живность и птицу и собирались будить к завтраку детей. Часы показывали 7:58 утра, когда внезапно земля дрогнула и в домах зазвенела посуда. За первым толчком последовали сильные, раскачивавшие деревья и стены домов колебания почвы, сопровождавшиеся низким нарастающим гулом. Сильные толчки продолжались почти пять минут, потом земля, казалось, успокоилась, иногда вздрагивая от пережитого катаклизма. Землетрясение перепугало жителей этой части острова: большинству никогда ранее не доводилось испытывать таких сильных толчков. Но жертв и больших разрушений они не вызвали. Океан тоже был спокоен. Никаких предупреждений и сигналов тревоги от властей не поступало. Но уже через 15 минут на западном горизонте, где синяя морская вода сливалась с голубым небом, появилась темная полоса, быстро приближающаяся к берегу. Со стороны

*Ключевые слова:* цунами, палеоцунами, цунамиопасность, прогноз цунами, очаги землетрясений, сейсмотектоника, зоны субдукции, природные катастрофы.

*Key words:* tsunami, paleotsunami, tsunami hazard, tsunami warning, earthquake sources, seismotectonics, subduction zones, natural hazards



Члены экспедиции (автор в центре) по изучению последствий Индонезийского цунами 26 декабря 2004 г. на фоне баржи с 5 тыс. тонн угля, перенесенной волной цунами через пирс на шоссе. Суматра, январь 2005 г. Фото автора

океана слышался все нарастающий шум. Когда жители деревни обратили на него внимание и увидели подходящую к берегу волну, бежать от нее было уже поздно. Хотя до спасительных холмов позади деревни было не более 500 метров, поток воды, возникший при накате на пляж первой волны, двигался слишком быстро, неся с собой вырванные стволы деревьев и обломки разрушенных домов. У попавших в него людей практически не было шансов на спасение. Несколько сотен жителей этой деревни, расположенной в наиболее близкой



к очагу землетрясения точке побережья Суматры, стали первыми жертвами разрушительного цунами, о котором в тот день узнал весь мир. В последующие несколько часов к ним добавились еще 228 тыс. человек в 15 странах бассейна Индийского океана.

### Никто не ждал беды. Индонезия, 26 декабря 2004 г.

В 12 километрах к востоку от местечка Лхо-Нга, за мысом после которого побережье Суматры поворачивает на восток, в заливе, обращенном уже не к Индийскому океану, а к окраинному Андаманскому морю, находился город Банда-Ачех с населением около 200 тыс. человек, административный центр провинции Ачех. В его длинной истории, ведущей начало с XV в., не отмечено, что город ранее подвергался атакам цунами, но теперь его название стало синонимом

Местечко Лхо-Нга Бич на северо-западе Суматры. В 100 км отсюда в Индийском океане утром 26 декабря 2004 г. произошло сильнейшее землетрясение магнитудой 9,0, через 20 мин. после которого на берег обрушилась волна цунами. Системы раннего предупреждения о цунами в Индонезии на тот момент не существовало. Историческая память живущих здесь людей также не могла помочь, так как последнее сильное цунами в этой части Суматры было отмечено более ста лет назад. В результате на этом плотно заселенном побережье погибло 90% жителей.  
*Фото автора*

индонезийской трагедии 2004 г. Именно здесь были сняты драматические, невероятные даже для специалистов кадры, запечатлевшие черный поток уже не воды, а какой-то немислимой смеси песка, камней, стволов деревьев, обломков зданий, кусков мебели, искореженных автомобилей, который безостановочно двигался по улицам города. Этот поток нес в себе то, что еще недавно было городскими кварталами, примыкающими к северной, портовой части города. Эти кварталы были разрушены волной цунами до основания, фотографии оттуда напоминают снимки Хиросимы после атомной бомбардировки. Жителей Банда-Ачеха никто никогда не предупреждал об опасности цунами, но даже при наличии предупреждения населению этого района с преимущественно частной, низкоэтажной застройкой спастись было просто негде.

Разрушив Банда-Ачех, волна цунами через Малаккский пролив продолжила свое движение на восток, к побережью Малайзии и Таиланда. Здесь первым она достигла тайландского острова Пхукет, отели которого в это рождественское время были заполнены туристами из Европы. Колебания от самого землетрясения здесь были слабыми, 3–4 балла, так что не все находившиеся вне зданий люди их заметили. Небольшое отступление

моря от берега, предшествовавшее первой волне, также никого не насторожило. Люди продолжали лежать на прохладном утреннем песке, дети играли с небольшими набегавшими волнами. Появившийся вдалеке белый бурун высотой в несколько метров привлек к себе внимание, но из заметивших его спастись удалось немногим: только тем, кто раньше других оценил опасность, смог добежать до отеля и подняться на второй-третий этажи. В последующие 10–15 минут несколько тысяч туристов утонули в потоках морской воды, заливавшей тайландские пляжи.

В самом Индийском океане волны цунами, разрушив практически все поселения на северо-западном побережье Суматры, продолжали с большой скоростью двигаться на запад, в сторону Шри-Ланки, Индии и Мальдивских островов. Индийские сейсмические станции зарегистрировали землетрясение, дежурные сейсмологи определили его местоположение

Город Банда-Ачех на севере Суматры был разрушен до основания ударом цунами 26 декабря 2004 г. От его северных кварталов, примыкавших к портовой части города, не осталось ничего. Фото автора



и примерную магнитуду, однако никаких дальнейших действий по оценке угрозы цунами имевшийся у них тогда регламент не предусматривал. Здесь нужно напомнить, что единственное в XX в. опасное цунами на западном побережье Индии наблюдалось почти за 60 лет до этого трагического момента – в 1945 г., и возникло оно после землетрясения магнитудой 8.3 на границе с Пакистаном. На восточном побережье Индии и в Шри-Ланке жертв от цунами в новейшей истории не было. В результате цунами 2004 г. погибло более 30 тыс. человек в Шри-Ланке и почти 11 тыс. – в Индии. Последней жертвой этого цунами стал человек, утонувший на одном из пляжей Кении, куда волны цунами, все еще имевшие высоту до 3 метров, подошли спустя 8 часов после землетрясения.

Всего в этом стихийном бедствии, непосредственно затронувшем побережье 15 государств Индийского океана, погибли граждане 55 стран. Для некоторых из них, например, для Швеции (544 жертвы) или Финляндии (176 жертв), это были наибольшие потери от стихийных бедствий за всю историю этих стран.

Операционный центр Международной системы предупреждения о цунами на Гавайях сразу же начал обработку данных этого события. Первый бюллетень центра, сообщавший о сильном землетрясении магнитудой 8.0 в районе Суматры, был выпущен через 15 минут после начала его регистрации. В последующих бюллетенях магнитуда землетрясения была повышена до 8.5. Важно подчеркнуть, что значение магнитуды 9.0 появилось только на следующий день, когда сейсмологи в США смогли собрать и обработать записи сверхдлиннопериодных приборов, зарегистрировавших собственные колебания Земли, вызванные этим землетрясением. Тем не менее даже магнитуда 8.0 намного превышает пороговое значение, при котором уже следует объявлять тревогу цунами, по крайней мере, для ближайшего побережья. В Индии, Индонезии и других странах бассейна Индийского океана этого не было сделано, поскольку эти страны не имели на тот момент собственных национальных систем предупреждения о цунами. Соответственно, не было регламентов принятия решения о тревогах и, главное, системы доведения информации до населения. При отсутствии такой системы и планов защитных мероприятий любые срочные сообщения о надвигающейся катастрофе, доводимые по любым каналам до посольств, консульств, военных и гражданских органов власти в угрожаемых районах, оказываются малоэффективными.

## Мегацунами вместо цунами. Япония, 11 марта 2011 г.

Семь лет спустя не только ученые-сейсмологи, но и весь мир был потрясен потоком срочных сообщений из Японии, где 11 марта 2011 г. произошло сильнейшее землетрясение, за которым последовало разрушительное цунами. Землетрясение началось в 14 часов 11 минут местного времени, в разгар рабочего дня (пятница), его эпицентр располагался в океане, примерно в 150 км от восточного побережья Хонсю. Очаг землетрясения представлял собой магистральный разрыв вдоль главной литосферной границы раздела





между поддвигающейся под цепочку японских островов океанической корой и перекрывающим ее выступом Японской микроплиты. Смещения по этому разрыву достигали 30–50 метров, а по некоторым данным, даже невероятных, никогда не измеряемых прежде 60–80 метров. Поперечная протяженность разрыва составила 150 км, вдоль островной дуги он распространился на 450–500 км. Береговые GPS-станции зафиксировали

Город Мияко в префектуре Ивату оказался одним из первых крупных городов на восточном побережье Хонсю, до которого волна дошла уже через 20 мин. после землетрясения ([http://latimesblogs.latimes.com/world\\_now/2012/03/japanese-tsunami-six-stunning-videos.html](http://latimesblogs.latimes.com/world_now/2012/03/japanese-tsunami-six-stunning-videos.html)). *Credit: Ho New / Reuters/ REUTERS*

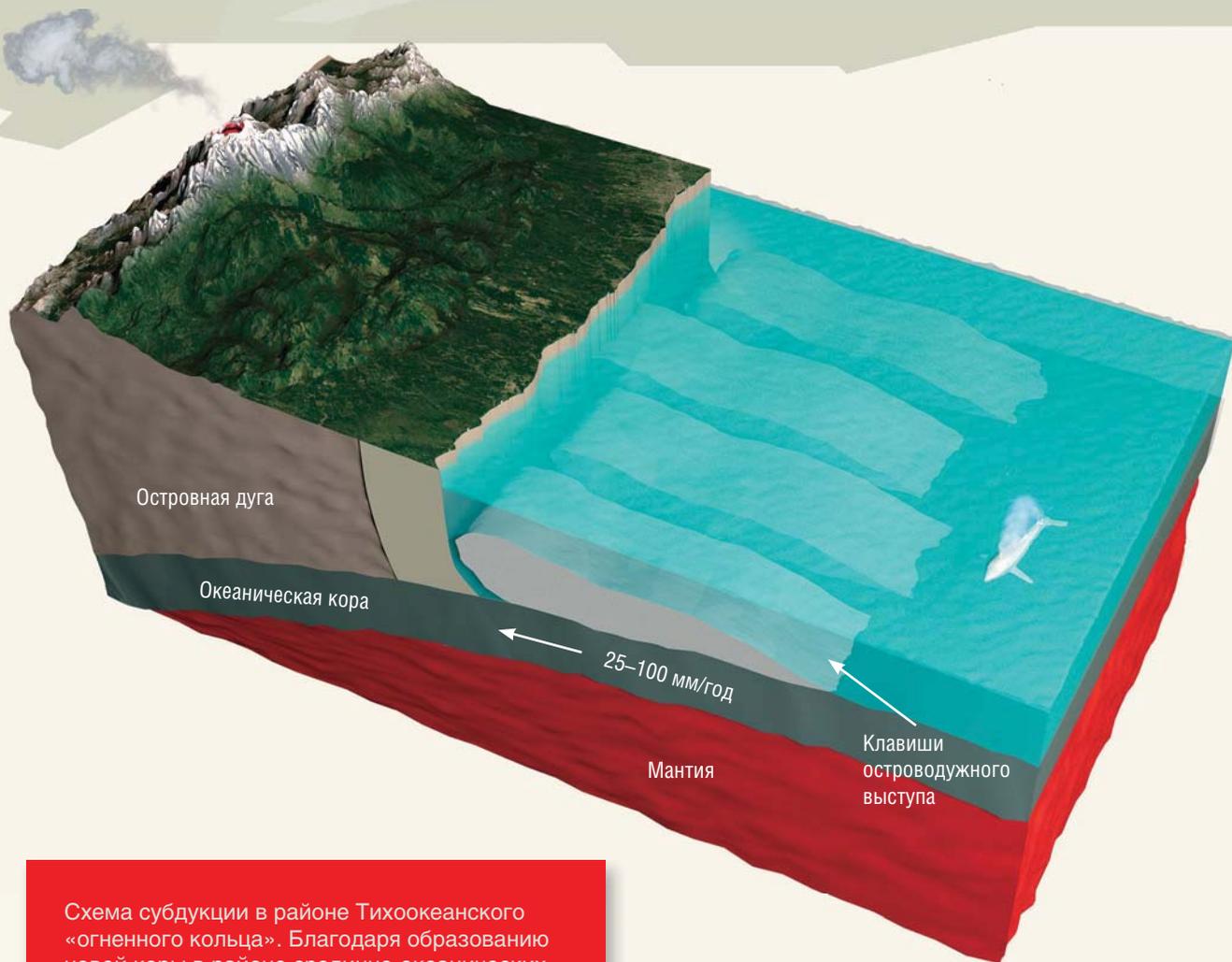


Схема субдукции в районе Тихоокеанского «огненного кольца». Благодаря образованию новой коры в районе срединно-океанических хребтов океаническая кора пододвигается здесь со скоростью 25–100 мм в год под континентальные окраины и островные дуги. Основные напряжения накапливаются на главной литосферной границе раздела между поддвигаемой океанической корой и перекрывающим ее островодужным выступом, разбитым поперечными разломами на ряд блоков (клавиш). Когда напряжения превышают предел прочности пород, блок срывается и выдвигается в сторону глубоководного желоба, при этом происходит землетрясение с магнитудой 7.5–8.0. Когда несколько блоков срабатывают одновременно, происходит мегаземлетрясение с магнитудой до 9.0. Такая схема, несмотря на ее упрощенность, позволяет грубо оценивать возможные магнитуды субдукционных землетрясений и их повторяемость

горизонтальное смещение восточного побережья Хонсю на 5 метров и опускание берега на 1–1.5 м. Землетрясение вызвало значительные деформации морского дна на площади более 15 тыс. км<sup>2</sup>, результатом которых стало самое разрушительное в истории Японии цунами.

На этом побережье Японии, известном под названием Тохоку, стоят десятки памятников жертвам цунами прошлых веков, среди которых было много разрушительных, вызвавших гибель многих тысяч людей (например, при цунами Санрику в 1896 г. погибло 27 122 человека). Однако масштаб бедствия, обрушившегося на это побережье 11 марта 2011 г., превосходил все ранее известное. Население и власти оказались явно к нему не готовы, несмотря на дорогостоящие программы противодействия природным стихиям, проводившиеся в течение последних десятилетий.

В штаб-квартире ЯМА (Японское метеорологическое агентство) в Токио, в чьи функции входит срочная информация населения страны о происходящих землетрясениях и оперативный прогноз цунами, сразу же началась обработка информации, поступающей

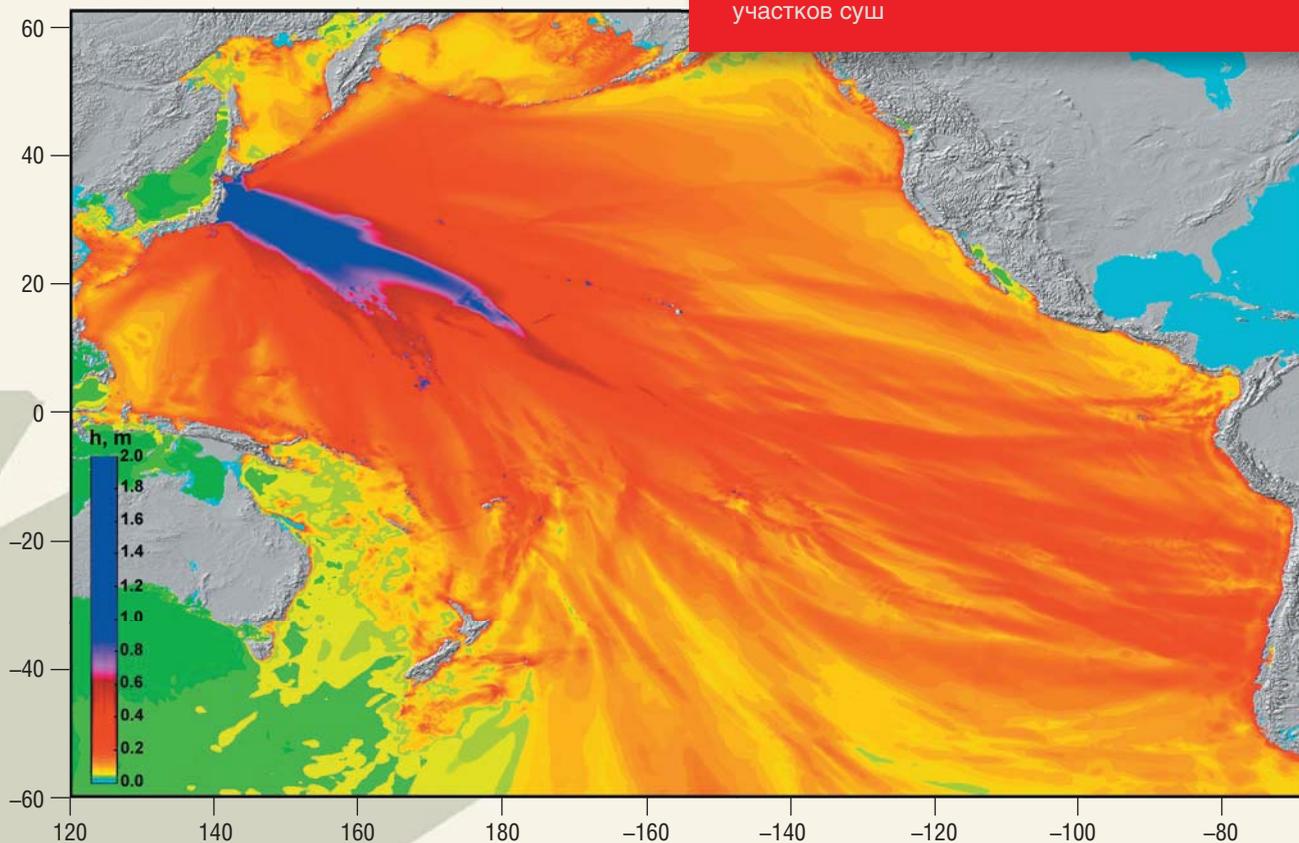
с 1200 сейсмических и 200 мареографных станций, которые регистрировали происходящее землетрясение и последовавшее за ним цунами. Уже через 4.5 сек. после начала регистрации колебаний ближайшими сейсмическими станциями на всех телевизионных каналах появилось срочное сообщение: «Происходит сильное землетрясение!». Через 2 мин. 40 сек. ЯМА выдала первую оценку магнитуды толчка (7.9) и прогноз цунами (до 6 метров). За ним последовал целый поток срочных сообщений со все возрастающей магнитудой, расширяющимися зонами для тревоги цунами и их ожидаемой высотой.

В отличие от Индонезии, не имевшей в 2004 г. собственной национальной системы предупреждения о цунами, Япония находилась в наивысшей среди всех стран Тихоокеанского бассейна степени готовности, как технически, так и организационно. В отношении быстрого действия служба срочных донесений ЯМА сработала выше собственных нормативов, буквально на пределе имевшихся технических возможностей. Результатом, тем не менее, стали 15,884 погибших и пропавших без вести и свыше четверти триллиона долларов материального ущерба. Власти и население региона Тохоку были готовы к отражению угрозы цунами, но не такой силы и масштаба, которое обрушилось на них в этот день. Это

показывает важность оценки и осознания реальности угрозы крайне редких мегасобытий в общей стратегии защиты от стихийных бедствий.

Несмотря на наличие в этом регионе очень плотной сети геофизических наблюдений, никаких краткосрочных (месяцы, недели, дни) предвестников землетрясения установлено не было. Между тем геологи, изучавшие следы палеособытий (доисторических

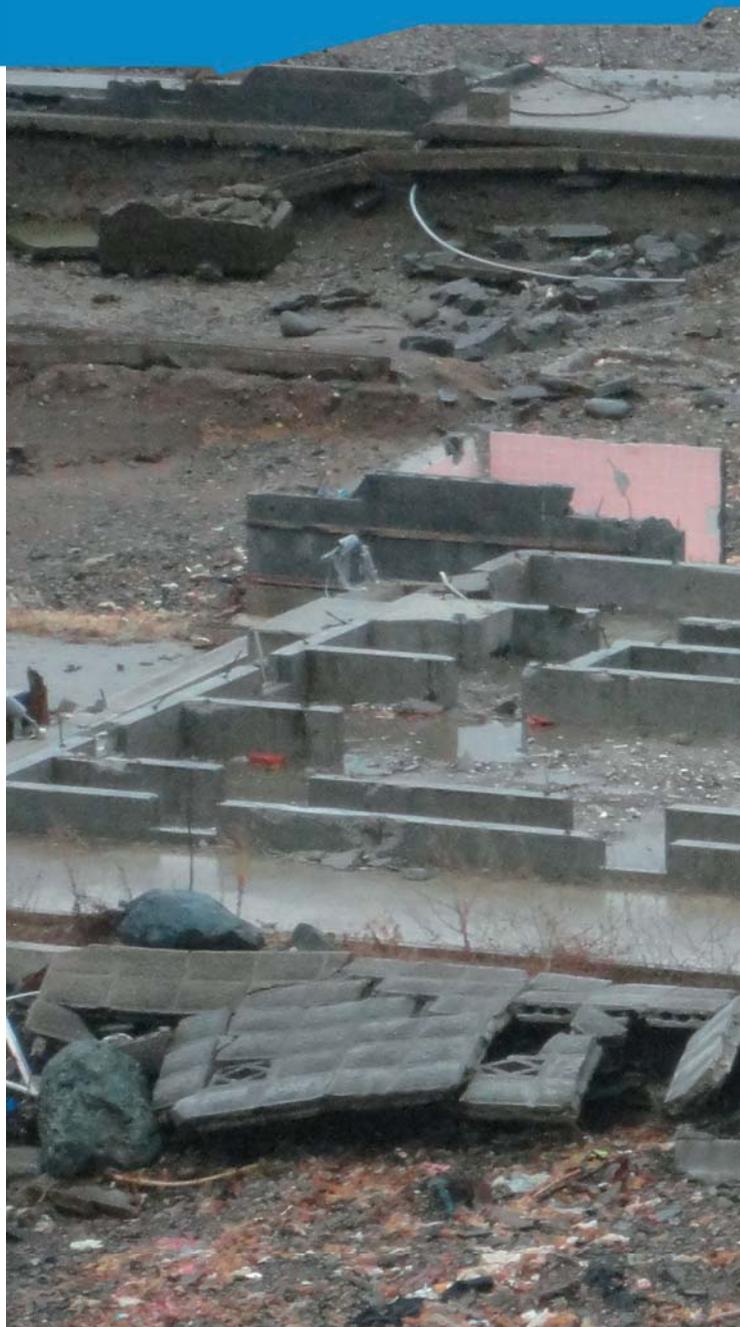
Современные методы численного моделирования цунами позволяют с достаточной точностью оценить распределение высот цунами в целом по океаническому бассейну. На рисунке приведен результат расчета максимальных амплитуд цунами Тохоку 11 марта 2011 г., выполненного с использованием программных комплексов STATIC (ИВМиМГ СО РАН) (Гусяков, 1978) и MOST (NOAA) (Titov *et al.*, 2016). Расчеты необходимых инженерам и проектировщикам высот заплеска в каждой отдельной точке побережья представляют собой значительно более трудную задачу, поскольку требуют применения сложных нелинейных алгоритмов и детальных данных о батиметрии дна и рельефе прибрежных участков суши



землетрясений и цунами) в этой части Японии, указывали в своих публикациях, что известное по хроникам землетрясение Джоган 869 г. вызвало катастрофическое цунами, которое проникло на равнине Сендай в глубь суши на 5–7 км, что само по себе говорило о масштабе события. В частности, среди таких ученых был профессор геологии университета Тохоку К. Миноура, а также профессиональные геологи, работавшие в корпорации «ТЕПКО», которой принадлежала атомная станция «Фукусима-Дайичи», наиболее сильно пострадавшая от воздействия цунами. Однако их предостережения о возможности повторения столь разрушительного землетрясения и цунами в регионе Тохоку не были приняты во внимание ни правительством страны, ни руководством корпорации. Результатом этой неадекватности стала тяжелая авария на станции, приведшая к масштабному радиоактивному загрязнению и необходимости полной эвакуации людей из окружающей 30-километровой зоны, что в условиях перенаселенной Японии было крайне непростым делом.

## Трагедия Северо-Курильска. 5 ноября 1952 г.

Все Курильские острова расположены в высокосейсмичной зоне, землю здесь «трясет» достаточно часто, и даже приехавшие сюда быстро к этому привыкают. Однако колебания, начавшиеся рано утром 5 ноября 1952 г., по своей силе сразу превосходили все до сих пор испытанное жителями г. Северо-Курильска, расположенного на острове Парамушир, самом большом из северных Курильских островов. Проснувшиеся от сильных толчков люди в темноте (городская электростанция по ночам не работала), будили и быстро одевали детей, чтобы вывести их на улицу. Земля ходила ходуном, деревянные дома и бараки трещали, в окнах лопались стекла, внутри рассыпались печи. О том, что после землетрясения может последовать цунами, большинство людей не знали, поскольку приехали на Курилы недавно, вскоре после освобождения их от японцев в 1945 г. Через 30–40 мин. после землетрясения со стороны океана послышался отдаленный гул, и еще через минуту на город обрушилась первая волна, высотой 5–7 метров. Ее подход по проливу между островами Парамушир и Шумшу первыми





Год спустя после цунами Тохоку 11 марта 2011 г. Профессор И. Цудзи (Токийский университет) осматривает руины домов в г. Рикюзен-Таката (префектура Мияги). Своевременное предупреждение и срочная эвакуация позволили спастись большинству его жителей, но, проведя ночь во временных убежищах и вернувшись на следующее утро, они обнаружили на месте своих домов одни фундаменты. Цунами отняло у них все.  
*Фото автора*



Разрушения в г. Северо-Курильске (о. Парамушир) после цунами 5 ноября 1952 г. Высота волн здесь достигала 12–15 м. Через 23 часа цунами достигло побережья Чили, все еще имея высоту до 2 м.

заметили военнослужащие и начали стрелять в воздух, пытаясь предупредить остальных жителей. Эта волна, залив до половины наиболее близко стоящие к берегу дома, отхлынула, унося с собой много человеческих тел и обломков. Не успели люди прийти в себя после пережитого ужаса, как через 15–20 минут на город обрушилась вторая, еще более высокая волна. Имея уже на урезе высоту более 10 метров, она сносила все на своем пути, от домов оставались одни фундаменты. Сила ударов волны была так велика, что укрепленные на бетонных фундаментах станки и тяжелые паровые лебедки срывались с креплений и отбрасывались далеко от мест их установки. Волна переворачивала и тащила за собой тяжелые трактора и гусеничные вездеходы. Прощедшая через город вода достигла окружающих сопок, на которых спасались люди, ушедшие туда после первой волны, и начала скатываться обратно в котловину, где была расположена центральная часть города. Здесь образовался огромный водоворот, в котором плавали обломки строений вместе с цеплявшимися за них людьми и мелкие суда. «Дома и крыши домов кидало,

как спичечные коробки, и уносило в море», – писал один из очевидцев. Пролив между островами оказался сплошь заполнен плавающими домами, крышами и другими обломками, на которых пытались спастись люди. Температура воздуха была около нуля по Цельсию (накануне выпал первый снег), температура воды 6–8 градусов.

Камчатское землетрясение и цунами 4 ноября 1952 г. является самым крупным стихийным бедствием на территории России за всю ее современную историю. Оно было крупнейшим как по выделившейся из земных недр энергии, так и по масштабам разрушений и числу погибших. Город Северо-Курильск был полностью уничтожен. Точное число жертв цунами, возможно, и было посчитано, но никогда не было обнародовано. Уже в период перестройки появилась цифра потерь среди гражданского населения – 2336 человек. Однако большинство из находившихся в то время на Курилах людей были военными. В книге камчатского журналиста и краеведа А. А. Смышляева «Время красной рыбы» приведена экспертная оценка общего количества жертв на Северных Курилах – от 15 до 17 тыс. человек.

В сейсмологических каталогах того времени магнитуда землетрясения по шкале Ms приведена как 8.5, но, по современным оценкам, основанным, в частности,





Разрушения в г.Северо-Курильске  
(о. Парамушир) после цунами 5 ноября 1952 г.

на приборных записях цунами, более длиннопериодная магнитуда  $M_w$ , точнее отражающая размер события, оценивается как 9.0. Землетрясение породило трансокеанское цунами, зарегистрированное всеми мареографными станциями, работавшими тогда в Тихом океане. На Гавайях была зафиксирована волна высотой 9 м, на чилийском побережье, удаленном от Камчатки на 16 тыс. км, высота волн составила почти 2 м (в южной части Чили это было наиболее сильное цунами в период с 1920 по 1960 г., т. е. в течение почти 40 лет).

Камчатское цунами 1952 г. оказалось первым событием такого масштаба, при котором была задействована созданная в начале 1950-х гг. Международная служба предупреждения о цунами в Тихом океане с оперативным центром в Гонолулу (Гавайи). Своевременные предупреждения об опасных волнах позволили избежать жертв за пределами ближней зоны, непосредственно примыкавшей к очагу землетрясения. СССР тогда не был участником этой системы, но в любом случае предупреждение, полученное из Гонолулу через час после землетрясения (работать быстрее тогдашняя техника связи и принципы обработки данных не позволяли), оказалось бы опоздавшим.

«Оргвыводы» из произошедшей катастрофы, однако, были сделаны. Академия наук начала исследования проблемы цунами, появились первые научные публикации. Правительством СССР в 1957 г. было принято решение о создании Службы предупреждения о цунами (СПЦ) на Дальнем Востоке. Академии наук была поручена разработка принципов ее работы, а ряду конструкторских бюро – создание специальной аппаратуры для СПЦ.

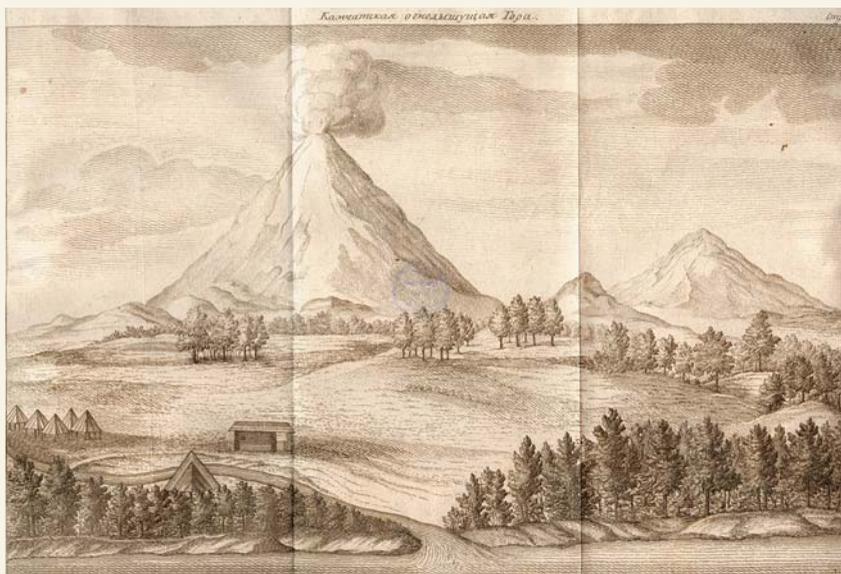
И уже на следующий год (скорость исполнения правительственных решений тогда была очень высокой) такая служба начала работу и дала свой первый прогноз при Урупском землетрясении 7 ноября 1958 г., породившем опасное цунами на Южных Курилах.

## Одно мегацунами стоит десятков «обычных», тоже опасных и разрушительных

Формальное условие выделения трансокеанских цунами в исторических каталогах состоит в проверке наличия высот заплеска более 5 м на расстоянии свыше 5000 км от очага цунами. Физический смысл этого критерия заключается в способности цунами производить разрушения на противоположных берегах океанического бассейна. Оказывается, что среди более чем 2250 цунамигенных событий, произошедших в Мировом океане со II тыс. до н.э. по настоящее время, таких событий насчитывается всего 18, т. е. менее 1% от общего числа. Однако эти события ответственны за более чем половину от общего числа жертв цунами и за значительную долю произведенного материального ущерба.

Оставшиеся 99% – это локальные и региональные цунами. Создаваемые ими высоты заплеска на ближайшем побережье могут быть весьма значительны и достигать десятков и даже сотен метров (с рекордной высотой волны в 525 м в бухте Литуйя на Аляске, которая возникла при береговом обвале, вызванном землетрясением магнитудой 8.0, которое произошло в этом районе 10 июля 1958 г.). Однако протяженность зоны опасного воздействия таких цунами, как правило, невелика и составляет от нескольких сотен метров

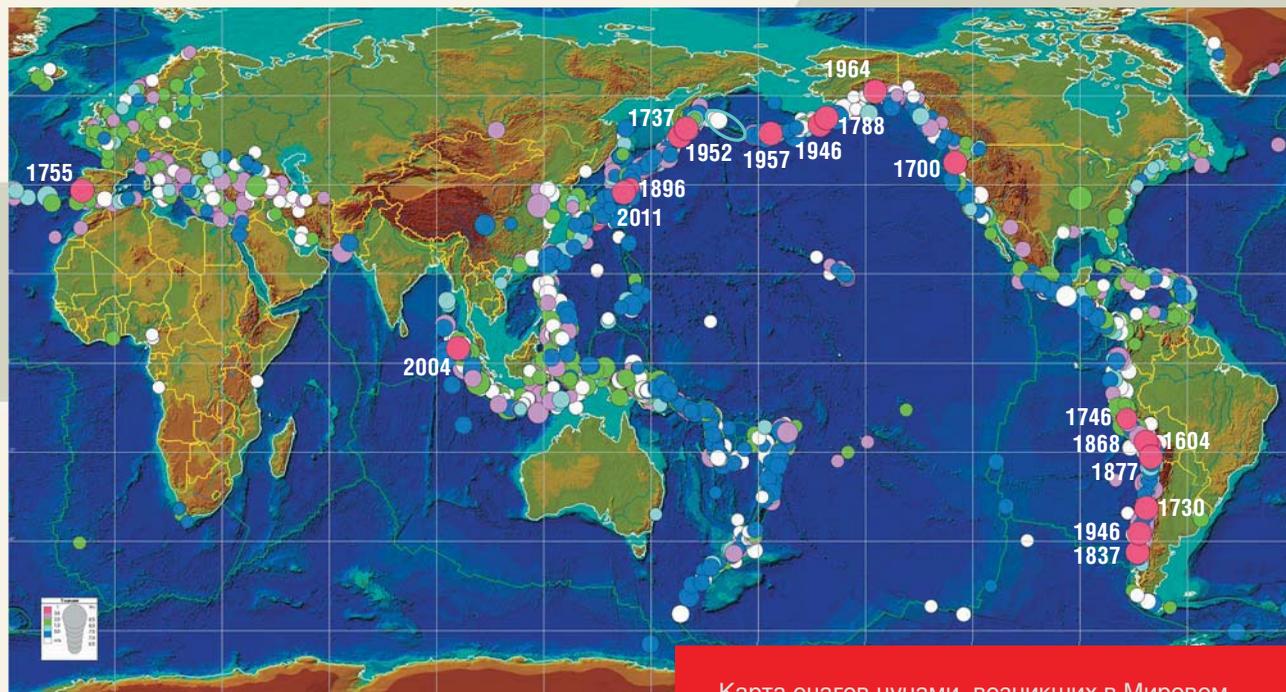
Предыдущее цунами, сравнимое по силе с цунами 1952 г., произошло на Камчатке в 1737 г. Мы знаем о нем благодаря подробным сведениям, собранным Степаном Крашенинниковым, участником Второй Камчатской экспедиции, прибывшим на Камчатку из Охотска две недели спустя после землетрясения. Из рапорта С. П. Крашенинникова профессорам И. Г. Гмелину и Г. Ф. Миллеру от 14 ноября 1737 г.: «Октября 6 дня [17 октября н.с.] в 3 часу полуночи сперва земля так жестоко тряслася, что от него многия балаганы попадали и людям стоять невозможно было, и продолжалось с четверть часа. Оное трясение приходило волнами с ЮЮВ, и по прошествии валов земля чрез долгое время дрожала, а потом как перестало трясение, то воды вдруг с моря с великим шумом сажени на три [6.3 м] прибыло, которая тотчас в море далеко ушла. По сбежании воды в другой раз земля тряслася, только очень легко, а после опять вода с моря до того же места пришла, где в первый раз была, и так же, как и первая, нимало не стояв в одной мере, в море ушла так далеко, что в проливе, которой между первого и другого острова имеется [Второй Курильский пролив], камень великой дикой на сажень сверх воды виден был. Спустя с четверть часа в третий раз воды моря с превеликим шумом сажени на десять [21 м] выше прежних мест прибыло, которою многие иноземческие жилища унесло. Оная вода, нимало не стояв, опять в море убежала и, ставши на море, чрез два дня то убывала, то прибывала»



Крашенинников Степан Петрович (1711—1755), путешественник, исследователь Камчатки, академик Петербургской Академии наук. Гравюра пунктиром А. А. Осипова. 1801 г.

«Камчатская огнедышащая гора». Гравюра из русского издания 1755 г. «Верхняя часть составляет целую треть высоты ее, а окружность ее на подножье больше трехсот верст. Шатер ее весьма ... крут и со всех сторон росщелялся вдоль до самого тощего нутра ее. Самой верх ее от часу становится плоче, без сумнения для того, что во время пожара жерло по краям осыпается... Дым из верху ее весьма густой идет беспрестанно, но огнем горит она в сем, в восемь, в десять лет; а когда гореть начала, того не запомнят. Пепел выметывается из ней по объявлению жителей на каждой год по два и по три раза, и иногда в таком множестве, что верст на 300 во все стороны земля им на вершок покрывается». По: (Крашенинников С. П. Описание Земли Камчатки. СПб., 1994. Т. 1. С. 174—175).

Фрагмент «Карты Земли Камчатки с около лежащими местами». Из русского издания 1755 г.



Карта очагов цунами, возникших в Мировом океане в течение последних двух тысяч лет. Очаги известных мегацунами (с указанием года) – кружки красного цвета. Источник: Глобальная база исторических цунами, поддерживаемая в лаборатории цунами ИВМиМГ ([http://tsun.sscc.ru/nh/tsun\\_descr.html](http://tsun.sscc.ru/nh/tsun_descr.html)). Эллипс показывает положение сейсмической бреши в районе Командорских островов, где за весь исторический период не было сильных землетрясений

(в случае локальных цунами обвального происхождения) до первых сотен километров (в случаях сильных цунами сейсмотектонического происхождения).

В противоположность этому, опасное воздействие сильнейших трансокеанских цунами может проявляться на значительно больших участках побережья, протяженностью до 700–800 км и более. Самым важным, однако, является то, что такие цунами способны производить разрушительный эффект в дальней зоне (более 1000 км от очага), вплоть до противоположных берегов океанического бассейна, чего никогда не происходит при обычных, даже разрушительных региональных цунами. Во время последних могут наблюдаться большие, достигающие 20–30 м высоты заливания берега, однако зона таких заплесков ограничена ближайшим к очагу участком побережья, за пределами которого высоты волн быстро спадают. В дальней же зоне такие цунами, как правило, регистрируются только инструментально.

Если проанализировать список известных на данный момент трансокеанских цунами с их основными параметрами (Гусяков, 2014), то можно увидеть, что 15 из 18 трансокеанских цунами возникли в результате землетрясений магнитудой 9.0 и выше. Это верно, по крайней мере, для всех событий начиная с середины XX в., когда появилась возможность инструментально измерять магнитуду в длиннопериодной области.

Если основываться на данных этого списка, значение магнитуды  $M_w = 9.0$  можно принять в качестве порога для выделения трансокеанских мегацунами среди всех прочих цунамигенных событий. Похоже,

что даже незначительное снижение величины  $M_w$  (на 0.2–0.3 балла) при сохранении разрушительного потенциала события в ближней зоне приводит к резкому снижению его опасности для удаленных побережий. Последним таким примером является цунами Мауле в Чили 27 февраля 2010 г. ( $M_w = 8.8$ ), максимальные заплески которого на чилийском побережье достигали 25–29 м. Однако на Гавайях, в Японии и на Курило-Камчатском побережье высоты волн не превышали 1–2 м, и хотя объявление тревоги на этих побережьях было вполне оправданным, реальной угрозы и ущерба от такой волны ни на Гавайях, ни в Японии не было.

Другой важной особенностью трансокеанских мегацунами является их способность проникать в окраинные моря и оказывать опасное воздействие на участки океанского побережья, не имеющие перед собой зон субдукции (к таковым относится примерно 80% побережья Мирового океана). Как известно, большинство цунамигенных землетрясений происходит именно в субдукционных зонах. Возникающие здесь сильные

(с магнитудой до 8.5) землетрясения способны возбудить опасные цунами с высотами до 15–20 метров на ближайших островах, но зона их воздействия ограничена размерами самого очага, т. е. составляет 200–300 км. Характерным примером является последнее разрушительное цунами на Средних Курилах, возникшее 15 ноября 2006 г. после землетрясения магнитудой 8.3. На острове Симушир высоты заплесков достигали 20–22 метров, при этом на южных и северных Курилах они не превышали одного метра, а на охотском побережье Колымы амплитуда волн составляла не более 30 см.

Обладающие же совсем другими характеристиками цунами, порожденные мегаземлетрясениями, способны проникать сквозь цепочки островов и вызывать значительную «раскачку» акватории окраинных морей. Этот важный результат, впервые обнаруженный в работах новосибирской группы исследователей цунами (Бейзель и др., 2014), подтверждается материалами наблюдений реальных исторических событий. В Магадане, например, наиболее значительные колебания уровня с размахом свыше 2 метров наблюдались при Камчатском цунами 1952 г. и Чилийском цунами 1960 г. В коряжском поселке Пахачи размах колебаний уровня в 1960 г. достигал 7 метров, и это наибольшая известная

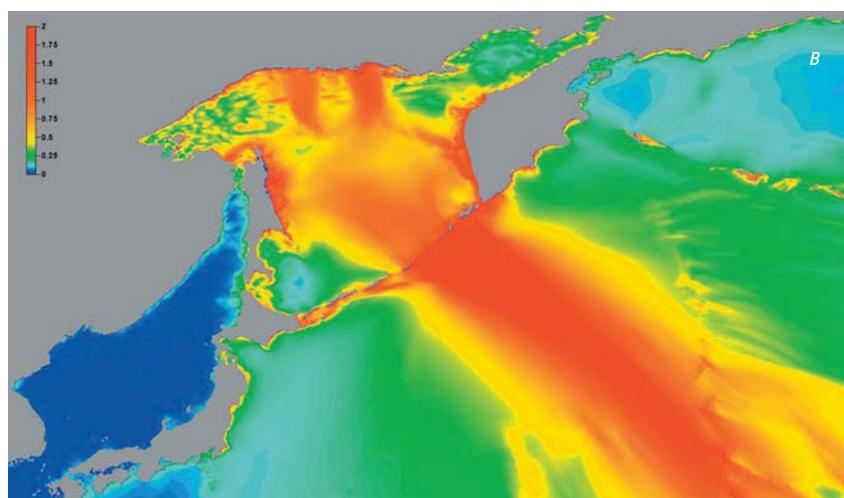
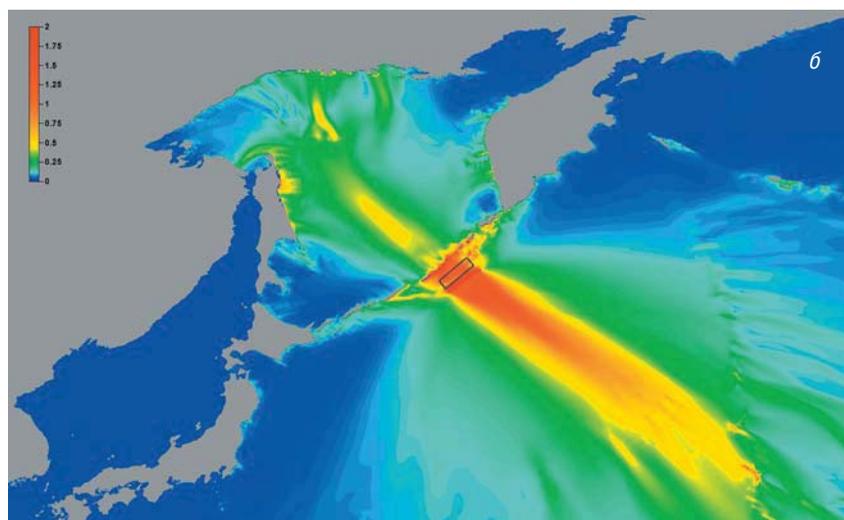
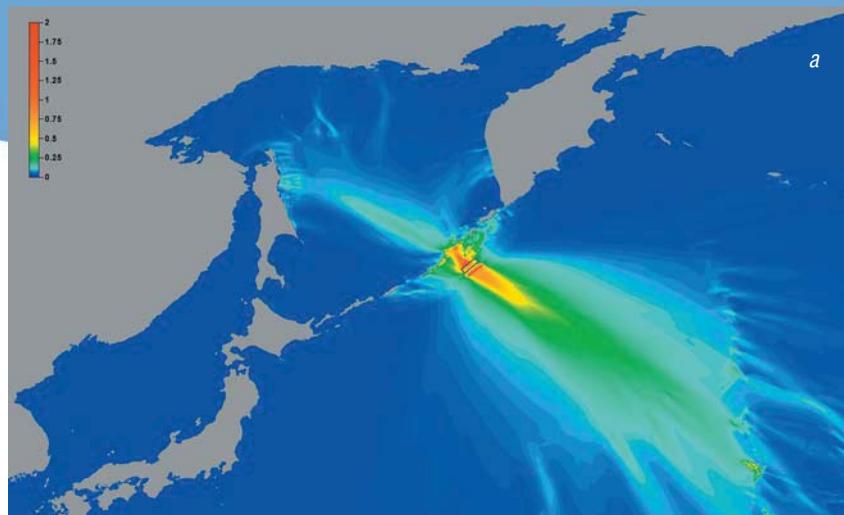
для этой части Берингова моря высота цунами. Что касается других стран, то побережья островных систем Тихого океана, таких как Гавайи, Таити, Тонга, Маркизские острова, страдают, главным образом, от удаленных цунами, порожденных субдукционными землетрясениями класса М9, происходящими в разных частях Тихоокеанского «огненного кольца».

## Где это случится в следующий раз?

Большинство из идентифицированных мегацинами (16 из 18) произошло в Тихом океане, одно – в Индийском (2004 г., Индонезия) и одно – в Атлантическом (1755 г., Лиссабон). Здесь нужно отметить, что список мегасобытий, приведенный в вышеупомянутом списке, появился только в последние годы, когда после двух разрушительных цунами начала текущего столетия (Индонезийского в 2004 г. и Тохоку в 2011 г.) ученые начали более внимательно изучать данные о прошлых сильных цунами. Ранее были известны только пять трансокеанских цунами (Алеуты, 1946; Камчатка, 1952; Алеуты, 1957; Чили, 1960 и Аляска, 1964). Появление более ранних событий в этом списке обязано

Список исторически известных трансокеанских цунами и их основные параметры

| Дата и местоположение     | Магнитуда землетрясения ( $M$ ) | Максимальная высота цунами в ближней зоне ( $H_{\text{мнФ}}$ , м) | Максимальная высота цунами в дальней зоне (более 5000 км от очага) ( $H_{\text{дФ}}$ , м) | FAT – число жертв. Прочерк в столбцах означает отсутствие данных |
|---------------------------|---------------------------------|---|---|--|
| 24 ноября 1604, Перу      | 9                               | 10–15   | –   | 74   |
| 26 января 1700, Каскадия  | 9                               | 10  | 2–4   | –  |
| 8 июля 1730, Чили         | 9+                              | >10   | 2–3   | 3  |
| 17 октября 1737, Камчатка | 9                               | 63  | 12–15   | –  |
| 29 октября 1746, Перу     | 9+                              | 24  | –   | 4800   |
| 1 ноября 1755, Лиссабон   | 9                               | 30  | 7   | ~10000   |
| 7 ноября 1837, Чили       | 8,5                             | 8   | 6   | 62   |
| 13 августа 1868, Чили     | 9                               | 15  | 5,5   | 619  |
| 9 мая 1877, Чили          | 9                               | 24  | 12  | 562  |
| 15 июня 1896, Япония      | 7,6                             | 38,2  | 9   | 27122  |
| 1 апреля 1946, Алеуты     | 8,6                             | 42,2  | 20  | 167  |
| 4 ноября 1952, Камчатка   | 9                               | 18  | 9,1   | >10000   |
| 9 марта 1957, Алеуты      | 9,1                             | 22,8  | 16,1  | 2  |
| 22 мая 1960, Чили         | 9,6                             | 15,2  | 10,7  | 1283   |
| 28 марта 1964, Аляска     | 9,3                             | 68  | 4,9   | 124  |
| 26 декабря 2004, Суматра  | 9                               | 50,9  | 9,6   | 227898   |
| 11 марта 2011, Тохоку     | 9                               | 38,9  | 3   | 18453  |



Современные методы численного моделирования цунами позволяют достаточно быстро выполнять сценарные расчеты цунами на реальных участках акватории океана. На этой серии рисунков показаны расчеты цунами от модельных очагов с магнитудами  $M_w = 7.8$  (а), 8.4 (б) и 9.0 (в), расположенных в районе Средних Курил. Расчеты выполнены в ИВТ СО РАН с использованием программных комплексов MGS и STATIC. Видно, что проникновение волн цунами в Охотское море начинается уже при магнитуде 8.4, но по-настоящему опасными для Охотоморского побережья они становятся при магнитуде 9.0

пересмотру параметров некоторых сильных цунами прошлых лет на основе новых данных об их пространственной распространенности и результатов исследования их геологических отложений.

Показательным примером в этом отношении являются работы американских геологов и геоморфологов из университета штата Вашингтон по восстановлению истории сильнейших землетрясений на северо-западе США в районе Каскадия. По сравнению с соседней Калифорнией, этот район обладает гораздо более низким уровнем современной сейсмичности. Тем более удивительным оказалось обнаружение явных геологических следов сильнейших землетрясений и последующих цунами, происшедших здесь в доисторические времена. Последнее из таких мегаземлетрясений произошло в районе Сиэтла около 300 лет тому назад, еще до прибытия сюда первых европейцев. Его отголоски («сильное трясение земли, случившееся зимней ночью») до начала XX в. сохранялись в легендах местных индейцев. Радиоуглеродные даты

отложений цунами укладывались в интервал  $1700 \pm 20$ , а дендрохронологические датировки деревьев, погибших при опускании берега под уровень приливов, позволили сузить его до  $1700 \pm 2$ . Разрушительное цунами охватило не менее 1000 км береговой линии района Каскадия и, несомненно, распространилось по всему Тихому океану. Действительно, целенаправленные поиски в японских архивах позволили обнаружить сообщения о необычных, не предвзвешенных землетрясениях колебаниях уровня моря, происходивших на многих участках восточного побережья Японии в ночь с 27 на 28 января 1700 г. Сейчас это палеособытие введено в каталоги цунами и землетрясений с вполне надежно определенными параметрами: координатами очага (39.5 с. ш., 142.0 з. д.), магнитудой (9.0), датой (27.01.1700) и даже оценкой времени (6 час. по Гринвичу). Результатом этих уникальных, действительно междисциплинарных исследований стала серия публикаций в престижных научных журналах, включая *Science* и *Nature*, а также монография «Забывтое цунами 1700 г.» (Atwater *et al.*, 2005).

До начала нынешнего столетия считалось, что мегаземлетрясения, способные порождать трансокеанские цунами, могут возникать лишь на некоторых особых участках зон субдукции. Относительно механизма их возникновения было несколько гипотез. Первоначальная идея состояла в том, что если океаническая плита относительно молодая, т. е. более горячая и легкая, то ее субдукция должна проходить под меньшим углом, обеспечивая, следовательно, большее сцепление с перекрывающей континентальной корой и давая возможность накопления больших напряжений, освобождающихся в предельно сильных событиях. Анализируя четыре известных на то время мегаземлетрясения (Камчатка, 1952, Алеуты, 1957, Чили, 1960 и Аляска, 1964), американские сейсмологи Л. Рафф и Х. Канамори обнаружили, что все они произошли в зонах субдукции, характеризующихся возрастом менее 80 млн лет и скоростью поддвига более 5 см/год (Ruff, Kanamori, 1980). Под это были подведены и некоторые физические основания, одно из которых состояло в том, что для менее плотной океанической коры требуются большие усилия для погружения ее под континентальную кору. Однако наличие касательной компоненты относительного движения плит и присутствие толстого слоя осадков в области глубоководной впадины рассматривались как факторы, понижающие вероятность возникновения мегаземлетрясений. С такой точки зрения землетрясение 2004 г. с магнитудой 9.0 вблизи Суматры оказалось совершенно неожиданным для сейсмологов. Ранее этот участок зоны субдукции считался способным порождать только землетрясения с магнитудой 8.0. Еще более удивительным оказалось то, что при общем касательном движении плит преобладающим механизмом главного

толчка оказался пологий подвиг, подвижка по разрыву которого направлена практически вкрест простирания зоны контакта плит.

Возникновение в 2011 г. землетрясения магнитудой 9.0 в наиболее цунамиактивном регионе Японии (Тохоку), где в историческое время таких землетрясений не было известно, окончательно убедило большинство сейсмологов, что мегаземлетрясения, по-видимому, могут возникать на любых участках зон субдукции. Единственной причиной отсутствия таких событий в некоторых зонах является недостаточная длина инструментальных и исторических каталогов, которые в большинстве регионов существенно короче, чем период повторяемости таких землетрясений.

## Командорская «брешь» — угроза Дальневосточному побережью?

На карте очагов цунамигенных землетрясений хорошо заметна брешь в районе Командорских островов, где за все историческое время не было сильных землетрясений. Впервые на существование этой бреши было указано уже почти полвека назад в работах отечественных, а затем и зарубежных сейсмологов. С тех пор сейсмический «потенциал» бреши только усиливается, поскольку GPS-наблюдения фиксируют непрерывное относительное смещение Беринговой плиты относительно Тихоокеанской со скоростью примерно 30–50 мм в год. Нет никакого сомнения в том, что рано или поздно этот потенциал реализуется в виде сильного землетрясения, вопрос лишь в том, какова будет его магнитуда и какой механизм реализуется в его очаге. Размеры зоны «сейсмического затишья» составляют порядка 500–600 км, что вполне достаточно для размещения здесь очага землетрясения магнитудой 9.0, способного породить трансокеанское цунами. Ответ на вопрос о том, будет ли оно серьезно угрожать побережью Камчатки и Курильских островов, в значительной степени зависит от механизма очага будущего мегаземлетрясения. Определения механизмов более слабых землетрясений, время от времени происходящих в этой зоне, показывают, что в них значительную долю составляет сдвиговая компонента, отражающая преимущественно боковой характер относительного смещения плит в этом районе. Такие очаги возбуждают существенно (на порядок) меньшие цунами, чем очаги с преимущественно взбросовой или поддвиговой подвижкой. Однако, как отмечалось выше, похожая ситуация косоугольного смещения плит реализовалась в Суматро-Андаманской зоне, при этом подвижка в очаге магистрального разрыва землетрясения 2004 г. оказалась практически поддвиговой, ориентированной вкрест простирания дуги.

Сценарий «наихудшего варианта» для будущего Большого Командорского землетрясения, рассмотренный в работах отечественных сейсмологов и специалистов по геотектонике (Лобковский и др., 2014), дает волны цунами высотой 8–10 метров для всего восточного побережья Камчатки, которые окажутся, несомненно, разрушительными для той береговой инфраструктуры, которая еще осталась здесь со времен СССР. Такие сильные цунами не наблюдались здесь с 1952 г., а на участках к северу от Кроноцкого полуострова – с 1923 г., т. е. почти сто лет. Будут затронуты и Курильские острова, хотя большой катастрофы здесь не должно быть: волны цунами неспособны распространяться на большие расстояния вдоль побережья, поскольку в силу рефракции на наклонном дне (материковом склоне и шельфе) волновая энергия постоянно «заворачивает» к берегу. Наиболее опасными землетрясение и цунами окажутся для жителей Командор, хотя самое крупное поселение там (пос. Никольское) хорошо защищено от цунами своим расположением на высокой (до 20 метров) береговой террасе.

## Когда это случится в следующий раз?

Землетрясения предельно возможной магнитуды (9.0–9.5) являются достаточно редкими событиями, однако именно они вызывают наибольший ущерб и потери человеческих жизней.

Смещение по разрыву в очагах таких землетрясений может достигать 25–50 м и более. Относительная скорость плит в районах субдукции варьируется от 25 до 100 мм в год. Тогда, если предположить, что все накопленные напряжения освобождаются только в очагах сильнейших землетрясений, их период повторяемости должен быть в пределах от 1000 до 250 лет. Если часть деформаций освобождается в виде асейсмического крипа и в очагах меньших землетрясений, тогда период повторения может быть еще более длительным. Фактический интервал времени между двумя последовательными мегасобытиями изменяется в весьма широких пределах: для уже известных исторических землетрясений от 215 лет (Камчатка, 1737 и 1952) до 1142 лет (Тохоку, 869 и 2011). Наиболее длинный ряд наблюдений таких событий, протянутый к настоящему времени почти на 10 тыс. лет назад, существует для субдукционной зоны Каскадия на северо-западе США. Хронология событий здесь была восстановлена по данным бурения прилегающих участков морского дна, где осадочные колонки содержат отчетливые следы турбидитных потоков, инициированных сильными землетрясениями. Оказалось, что средний интервал повторяемости сильнейших землетрясений этой зоны составляет порядка 650 лет, однако фактические

промежутки времени между двумя последовательными событиями изменяются в пределах от 300 до 1500 лет.

Оценка реальных интервалов повторяемости таких событий составляет главную проблему их долгосрочного прогноза. В силу их редкости для большинства регионов, не столь подробно изученных геологическими методами, как северо-запад США, повторяемость не может быть посчитана непосредственно, и ее приходится оценивать косвенными методами, например, путем линейной экстраполяции в область больших магнитуд (8–9) графика повторяемости землетрясений умеренных магнитуд (5–7), достаточно надежно описываемого законом Гутенберга-Рихтера. При этом для некоторых регионов выясняется, что фактическая повторяемость предельно сильных землетрясений значительно (до 3–5 раз) превышает оценку, вытекающую из закона Гутенберга-Рихтера.

Другой возможный метод оценки повторяемости мегасобытий – это поиск и исследование геологических следов цунами, оставленных ими на побережье. Такие методы в настоящее время хорошо развиты и широко применяются на различных участках побережья Мирового океана, в том числе и на побережье Камчатки, Курильских островов и Приморья. В результате многолетних полевых исследований, выполняемых сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Тихоокеанского института географии ДВО РАН, были найдены десятки новых неизвестных ранее событий, произошедших там за последние 3–5 тыс. лет, что позволило значительно удлинить исторический каталог цунами для Курило-Камчатского побережья. Большой проблемой по-прежнему является выделение среди этих событий следов реальных мегацунами. Стандартный критерий – по высоте и дальности заплеска – здесь не работает, поскольку в субдукционных зонах иногда случаются необычные землетрясения магнитудой 7.0–7.5, цунами от которых при небольшом охвате побережья дают локальные заплески с высотами до 15–20 метров (так называемые «цунами-землетрясения», по терминологии Х. Канамори). Выделить отложения мегацунами среди других подобных событий можно только путем тщательного контроля вдоль береговой протяженности зоны максимальных заплесков. Это, однако, требует существенно большего объема полевых работ, что в тяжелых условиях Камчатки и Курильских островов является достаточно сложным делом.

На сегодняшний день опубликована только одна работа (Разжигаева и др., 2017), в которой сделана попытка обобщения результатов многочисленных находок следов палеоцунами на Южных Курилах с точки зрения выделения среди них возможных мегацунами. В ней на основе анализа пространственного масштаба проявлений следов палеоцунами на Южных Курильских островах за последние 2.5 тыс. лет выделены наиболее



Город Аньер на западной оконечности о. Ява (Индонезия). Автор статьи (второй слева) с участниками научной конференции, посвященной 120-летию со дня извержения вулкана Кракатау. Позади – 200-тонный коралловый блок, принесенный цунами, которое возникло после взрыва и обрушения кальдеры вулкана Кракатау 27 августа 1883 г. Поскольку источник (вулканический взрыв) был практически точечным сравнительно с очагом мегаземлетрясения, трансокеанское цунами не возникло, но на берегах Зондского пролива, разделяющего острова Ява и Суматра, высота волн достигала 35 м, погибло 36,417 человек. *Фото автора*

крупные события, которые могут рассматриваться как кандидаты в мегацунами. Примерные датировки этих событий относятся к XVII, XIII, X вв., а также к интервалам 1400–1600, 1700–1800 и 2000–2100 лет тому назад. Помимо выяснения пространственного масштаба палеособытий, другой сложной проблемой являются их датировки, получение которых, как правило, требует дорогостоящих радиоуглеродных анализов. Правда, применительно к оценке долгосрочной цунамиопасности эта проблема несколько упрощается. Поскольку такие оценки делаются на вероятностной основе, точные даты событий необязательны, достаточно знать их общее число за определенный интервал времени.

Это можно делать даже в полевых условиях, на основе использования тефрохронологической шкалы, которая хорошо разработана для Камчатки и Курильских островов.

## Защититься от 20-метровой волны

Побережье Тохоку, в наибольшей степени пострадавшее от мегацунами 11 марта 2011 г., морфологически относится к побережью рисового типа, при котором крутые, обрывающиеся в сторону океана берега прорезаются узкими заливами, примыкающими к долинам впадающих в океан рек. По сути, эти долины являются единственными пригодными для жилой застройки этого побережья. В настоящее время практически все эти долины перегорожены защитными дамбами высотой до 7–8 метров, эффективно защищающими расположенные за ними жилые кварталы. Однако эти защитные сооружения не смогли уберечь жителей от волны высотой 12–15 метров, обрушившейся на это побережье 11 марта 2011 г. Строительство же более высоких защитных дамб высотой 15–20 метров не только экономически очень затратно, но зачастую просто невозможно, так как в условиях сплошной застройки трудно выделить землю для закладки оснований таких массивных сооружений.

Одним из последствий цунами 2011 г. в Японии стало принятие так называемой двухуровневой стратегии защиты от цунами. Правительство официально признало, что существующие береговые защитные сооружения могут защитить население от обычных цунами, высоты которых чаще всего не превышают 5–7 метров, но оказываются бесполезными в случае редких мегацунами с высотами до 15–20 метров. Поэтому все критически важные сооружения (школы, больницы, образовательные, торговые и культурные центры) должны постепенно выноситься из опасной зоны. В условиях перенаселенной Японии, где все сколь-нибудь пригодные для строительства участки в береговой зоне уже давно заняты, найти новые площадки для их размещения практически невозможно. Поэтому стратегия предусматривает инженерные работы по преобразованию берегового рельефа с целью искусственного создания ровных площадок для размещения таких объектов. Подобная практика планирования и строительства в цунамиопасных зонах, возможно, будет эффективной, однако вряд ли она сможет стать общепринятой в силу ее высокой затратности.

**К**онечная цель изучения природных катастроф состоит в выработке стратегии и практических рекомендаций для лиц, уполномоченных принимать решения по оптимизации потенциальных рисков и стоимости превентивных и защитных мероприятий. Оптимальный уровень реакции – это баланс между ожидаемыми потерями от стихийного бедствия и экономическими затратами на их предотвращение (Stein, Stein, 2012). Достижение этого баланса является непростой задачей, поскольку люди, уполномоченные принимать решения, не являются экспертами в данной области и склонны принимать рекомендации, полученные от ученых как «истину в последней инстанции». Однако эксперты и ученые, привлекаемые к выработке таких рекомендаций, имеют ограниченную способность предсказания будущих событий, поэтому они должны честно и откровенно сообщать о всех неопределенностях, связанных с получаемыми оценками риска.

Любой экспертный прогноз должен быть по возможности прозрачен, что означает, что лежащие в его основе предположения, гипотезы и модели процессов, использованные данные и их неопределенности должны быть оговорены. Четкое сообщение «уровня неопределенности» результата, даже в случаях, когда он не может быть строго посчитан, является совершенно необходимым. К сожалению, это происходит далеко не всегда. Для многих уже опубликованных карт сейсмо- и цунамиопасности реальные неопределенности оказываются значительно большими, чем указанные составителями карт и основанные часто только на технике вычислений.



#### Литература

Бейзель С.А., Гусяков В.К., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И. Оценка воздействия удаленных цунами на Дальневосточное побережье России на основе результатов математического моделирования // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2014. Т. 90, № 5. С. 578–590.

Гусяков В.К. Остаточные смещения на поверхности упругого полупространства // *Условно-корректные задачи математической физики в интерпретации геофизических наблюдений*. Новосибирск: ВЦ СО РАН, 1978. С. 23–51.

Гусяков В.К. Сильнейшие цунами мирового океана и проблема безопасности морских побережий // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2014. Т. 90, № 5. С. 496–507.

Лобковский Л.И., Баранов Б.В., Дозорова К.А. и др. Кюмандорская сейсмическая брешь: прогноз землетрясения и расчет цунами // *Океанология*. 2014. Т. 54, № 4. С. 561–573.



Разжигалева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Проблема палеорекопструкций мегацинами на Южных Курилах // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 1. С. 37–49.

Atwater B. F., Musumi-Rokkaku S., Satake K. et al. The orphan tsunami of 1700; Japanese clues to a parent earthquake in North America: U.S. Geological Survey Professional Paper 1707. Seattle, 2005. 133 p.

Ruff L., Kanamori H. Seismicity and the subduction process // Physics of the Earth and Planetary Interiors 23. 1980. Issue 3., P. 240–252.

Stein J., Stein S. How good do natural hazard assessments need to be? // GSA Today 23. 2012. № 4/5. P. 60–61.

Titov V. V., Kanoğlu U., Synolakis C. Development of MOST for real-time tsunami forecasting // J. Waterw. Port Coast. Ocean Eng. 2016. № 142(6). 03116004, doi: 10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000357.

Толстый светлый слой в стенке шурфа, выкопанного на южном побережье Португалии, – это отложения морского песка после Лиссабонского цунами 1755 г. Волна цунами смыла этот песок с пляжа на побережье и перенесла почти на километр от берега. Такие отложения позволяют геоморфологам восстанавливать историю катастрофических цунами и землетрясений на несколько тысяч лет назад. На противоположных берегах Атлантики (на Малых Антильских островах) высота волн достигала 7 м. Нет точных данных о жертвах, но они, несомненно, были, так как приход цунами был внезапным и не предвещался никакими сейсмическими предвестниками (землетрясение было у берегов Португалии). В Португалии, Испании и Марокко от этого цунами погибли не менее 10 тыс. человек. Фото автора



# ИЗВЕРЖЕНИЕ Толбачика — очередное послание «Страны вулканов»

Большинство вулканических извержений и землетрясений на Земле происходит в так называемом «огненном поясе» планеты – цепочке из более пятисот «уснувших» и более трехсот действующих вулканов, протянувшихся по периметру Тихого океана. Причина в том, что эта область лежит на стыке океанических и континентальных литосферных плит, и вулканическая активность прямо связана с их непрерывным взаимодействием в продолжающемся процессе формирования континентов. Тихоокеанское вулканическое кольцо (или, скорее, «полукольцо») тянется по краям всего океана, начиная от побережья Южной и Северной Америки, проходит вдоль Антарктики и далее через Новую Зеландию, Филиппины и Японию и заканчивается на наших Курилах и Камчатке. Последнюю недаром называют «страной вулканов», а камчатскую Ключевскую группу вулканов – еще и настоящим «заповедником вулканизма». Одним из последних ярких проявлений вулканической активности этого района стало извержение на Толбачинском вулканическом массиве в 2012–2013 гг., признанное одним из крупнейших извержений в мире. К счастью, в отличие от многих его «тихоокеанских собратьев», оно не привело к человеческим жертвам, зато ученым преподнесло немало сюрпризов

«Толбачинская гора стоит в стрелке между Камчаткою-рекою и Толбачиком, курится из давних же лет, и сперва, как сказывают камчадалы, дым шел из верха ее, но лет за 40 пережегился, а вместо того загорелась она на гребне, которым с другою горою соединяется. В начале 1739 года в первый раз выкинуло из того места будто шарик огненный, которым, однако, весь лес по окологлежущим горам выжгло. За шариком выбросило оттуда ж как бы облачко, которое, час от часу распространяясь, больше на низ опускалось и покрыло пеплом снег верст на 50 во все стороны» (Крашенинников, 1755). Так пишет о вулканической активности Плоского Толбачика в своем классическом труде известный российский ученый и путешественник С. П. Крашенинников. С середины XVIII в. на Толбачинском вулканическом массиве было отмечено еще более десятка извержений разной мощности, большая часть которых пришлось на XX в.

Последний в прошлом веке эпизод вулканической активности был зафиксирован здесь в 1975–1976 гг. Это мощное извержение было признано настолько выдающимся, что ему было присвоено имя собственное: *Большое трещинное толбачинское извержение* (БТТИ) (Федотов, 1984). Этой же чести было удостоено и последнее извержение, начавшееся 36 лет спустя –



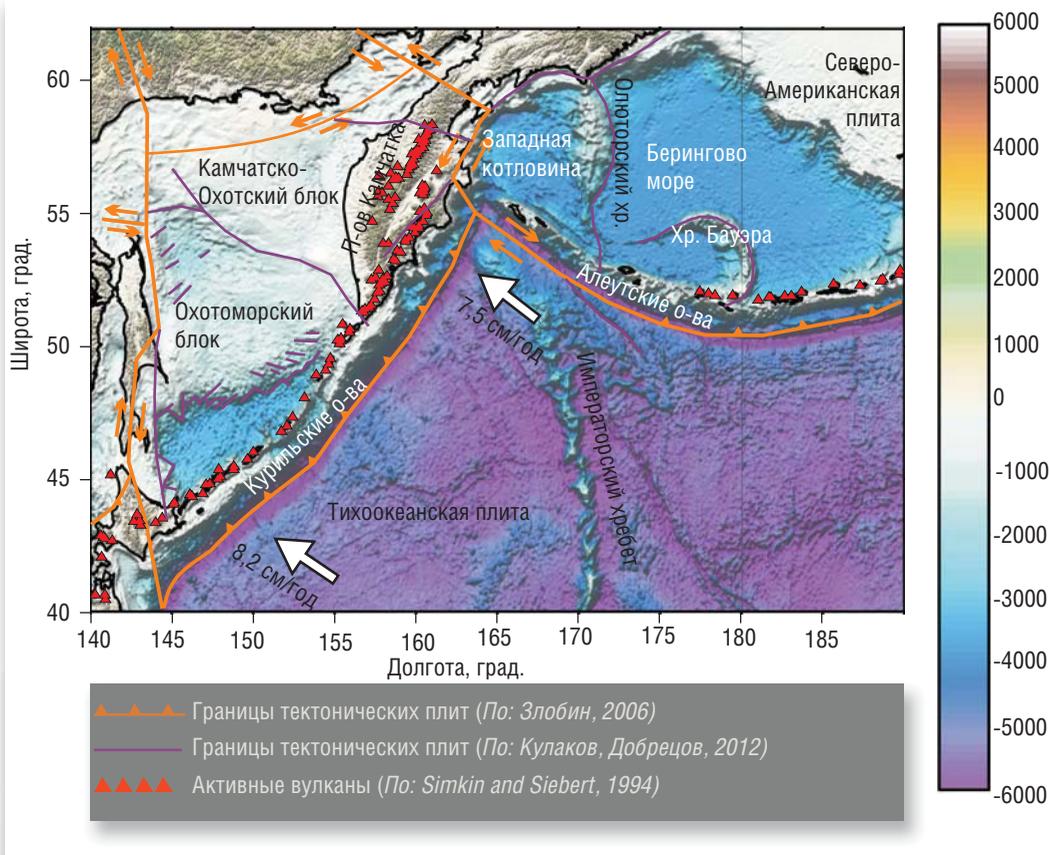
КУЛАКОВ Иван Юрьевич – член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по научной работе и заведующий лабораторией сейсмической томографии Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 100 научных работ

**Ключевые слова:** Тихоокеанское вулканическое кольцо, вулканы Камчатки, Ключевская группа вулканов, Толбачик, извержение, тектоника, субдукция, сейсмическая томография, томографические модели, геохимия.

**Key words:** Pacific Ring of Fire, volcanoes of Kamchatka, klyuchevskoy volcano group, Tolbachik, eruption, tectonics, subduction, seismic tomography, tomographic algorithms, geochemistry

Слева: активный шлаковый конус. Толбачик, январь 2013 г. Фото А. Белоусова

На карте отмечены основные тектонические элементы в Курило-Камчатском и Алеутском регионах, в первую очередь глубоководные желоба – места, где Тихоокеанская плита, двигаясь со скоростью 7,5—8,2 см в год, начинает свое погружение под Камчатку, Курильские и Алеутские острова

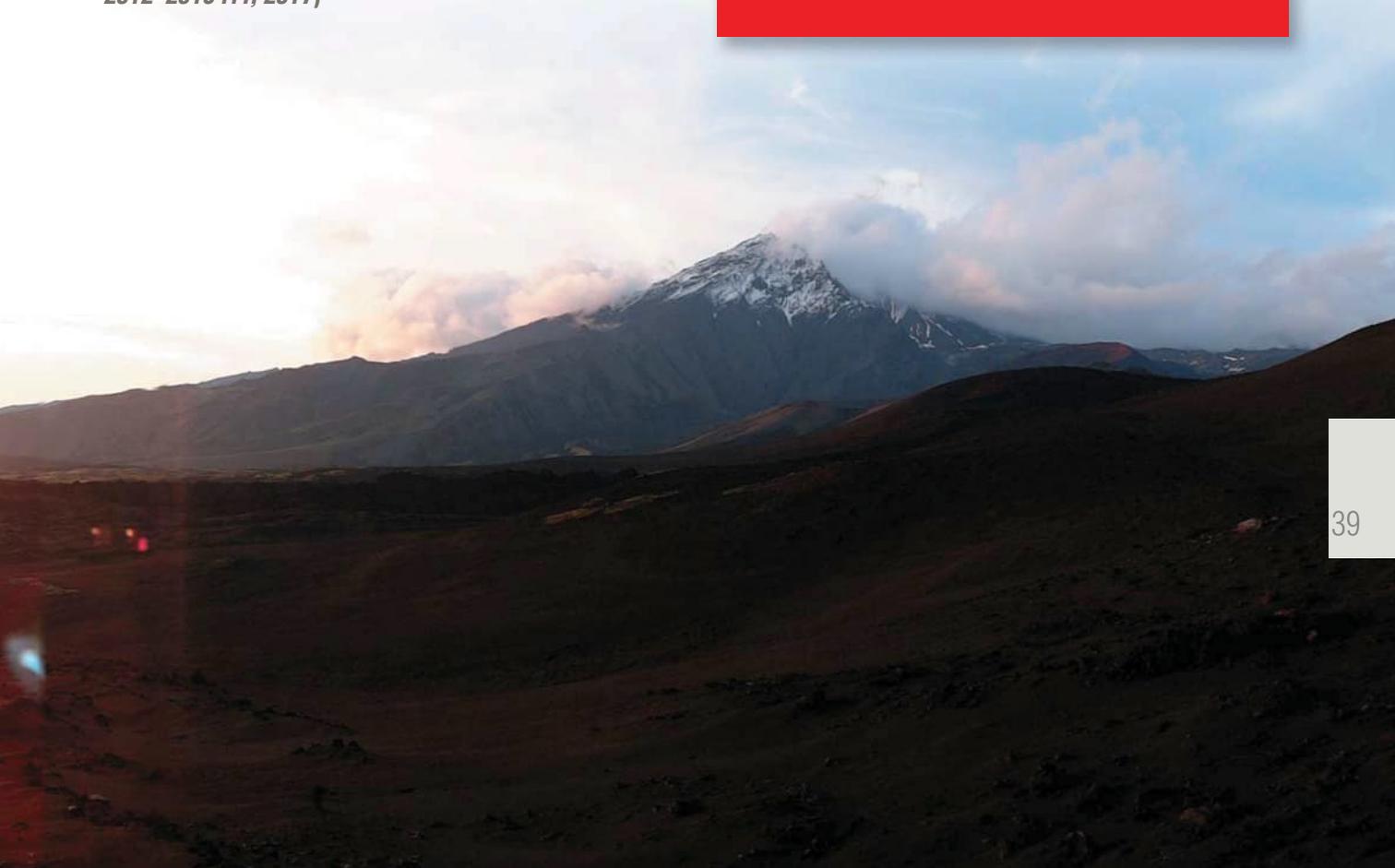


Вулкан Толбачик относится к наиболее изученным на Камчатке, а первые сведения о его активности приводятся в классическом труде С. П. Крашенинникова, писавшего, что на Камчатке есть три «Горелых» Сопки: Авачинская, Толбачинская и Камчатская (Ключевская). Первое исторически зафиксированное извержение Толбачика состоялось в начале 1739 г., по другим данным – 12(22) декабря 1740 г.: «...В первый раз выкинуло из того места будто шарик огненной, которым однако весь лес по околу лежащим горам выжгло» (Крашенинников, 1755). Это извержение было одним из наиболее мощных и разнообразных по проявлениям: эксплозией центрального кратера, сопровождались излиянием лавовых потоков, а также, вероятно, и образованием побочного кратера. Выпадение пепла отмечено на расстоянии до 150 км от вулкана, а в 30 км мощность пеплов достигала 1 см. Кроме того, за 4 дня до начала отмечено очень сильное землетрясение, ощущавшееся на большей части территории Камчатки. В дальнейшем наблюдалось еще 12 его извержений: зимой и осенью 1769 г., 1788–1790, 1793, 1904, 1931, 1937, 1939–1941, 1954, 1961–1962, 1964, 1965–1970, 1975–1976 гг., через 3–5 или 20–27 лет (Толбачинское трещинное извержение 2012–2013 гг., 2017)

в 2012 г., которое получило название *Толбачинское трещинное извержение имени 50-летия ИВиС (ТТИ-50)* в честь юбилея Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский).

Нужно сказать, что последнее (как и предыдущее) извержение на Толбачике само по себе не уникально, подобные события случаются в разных местах планеты: в Исландии, Эфиопии, на Гавайях... При этом в земле образуется трещина, из которой начинают выливаться огромные объемы лавы. Именно поэтому Толбачик называют *вулканом гавайского типа*, а извержение – *трещинным* (Федотов, 1984). И все же считать это извержение обычным никак нельзя. Дело в том, что трещинные извержения чаще связаны с так называемыми «горячими точками» – *плюмами*. Последние представляют

Толбачинский дол расположен в Центральной Камчатской депрессии. На севере он примыкает к двум крупным вулканам – Плоскому и Острому Толбачикам, сформировавшимся в плейстоцене. Лавовый покров дола возник в голоцене в результате деятельности многочисленных центров излияний, зафиксированных шлаковыми конусами





Вулканолог в теплоизолирующем костюме измеряет температуру лавы в «реке», выходящей из лавовода в 1 км от активного шлакового конуса Толбачика. Март 2013 г. Фото А. Белоусова

к образованию цепочек вулканов – *вулканических дуг*. Есть еще и третий тип вулканов, также довольно распространенный, связанный с извержением базальтов в срединно-океанических хребтах. Яркий пример – Исландия, хотя она является, скорее, исключением: подавляющее большинство подобных извержений подводные и напрямую исследованию недоступны.

Необычная особенность Толбачика в том, что по составу изверженных лав он ближе к плюмовому типу, однако находится в зоне субдукции! Такие трещинные извержения действительно уникальны. Другая его отличительная черта – само местоположение в рамках Ключевской группы вулканов, которую недаром называют «заповедником вулканизма». Здесь представлены все типы вулканов, которые можно найти на Земле, с потрясающей уникальностью форм, разнообразия режимов извержения!

Главный активный вулкан группы – Ключевской – относится к крупнейшим в Евразии и извергается относительно небольшими и спокойными потоками базальтовой лавы, за сотни тысяч лет сформировавшими

собой струи глубинного горячего расплава, которые поднимаются через мантию и достигают поверхности, прожигая литосферу, где и образуются вулканы с очень жидкой и горячей базальтовой лавой.

Вообще все вулканы грубо можно разделить на два основных типа. Первые связаны как раз с плюмами, и благодаря их работе на поверхность изливается мантийное вещество. Вторые образуются в зонах *субдукции* – процесса, при котором одна литосферная плита погружается под другую. В местах погружения идет ряд сложных химических, механических и термических процессов. В результате образуется и устремляется вверх большое количество воды, флюидов и расплавов, которые при достижении земной поверхности могут приводить

## КАК «ПИТАЕТСЯ» ТОЛБАЧИК?

Откуда же черпало свои силы последнее толбачинское извержение? Тщательное изучение внутренней структуры земной коры и мантии на основе многолетнего непрерывного сейсмического мониторинга вулканов Ключевской группы позволило нам построить модель процесса субдукции в этом регионе, где происходит взаимодействие двух литосферных плит – Тихоокеанской и так называемой Охотоморской, которая является частью Евразии (Кулаков и др., 2011). Океаническая плита, погружаясь в мантию под Камчатку, Курильские и Алеутские острова со скоростью 7,5—8,2 см в год, на глубине 100—150 км плавится. Как же идет этот процесс? Еще находясь под океаном, эта плита обогащается большим количеством различного материала, включая органические вещества и воду. Когда такая плита погружается в мантию на большую глубину, все эти вещества под действием высокого давления и температуры начинают преобразовываться и выделяться из плиты. Материал выходит постепенно, «порциями», и все эти стадии сопровождаются сейсмичностью. Когда из плиты выходит вода, она понижает трение, а поскольку там большие напряжения, то плита начинает легче «проскальзывать». При этом горячее вещество поднимается вверх отнюдь не в виде непрерывной стены, а дискретными струями, расстояние между которыми составляет около 100 км (Добрецов и др., 2001). Это определяет появление на земной поверхности цепочек типичных групп вулканов с аналогичным расстоянием между ними. По-видимому, одна из таких струй, находящаяся под Ключевской группой вулканов, питает в том числе и Толбачик

Лагерь геофизиков на еще теплом лавовом поле. Август 2014 г.

почти идеальный громадный конус. В 10 км от него расположен вулкан Безымянный, имеющий абсолютно другой характер и состав извержений. До середины прошлого века он молчал в течение нескольких тысяч лет, чем и объясняется его название, но в 1956 г. там произошло катастрофическое взрывное извержение – одно из сильнейших в XX в. После этого на нем практически каждый год происходят взрывы, не столь катастрофические, но вполне ощутимые. И, наконец, третий тип – трещинный вулканизм Толбачинского дола, который совершенно не похож на два предыдущих.

Всего же в группе имеется более десяти крупных вулканов. Хотя многие из них считаются спящими, время от времени некоторые из них «просыпаются». Например, в 2018 г. признаки усиливающейся сейсмической активности стал проявлять вулкан Удина, считавшийся потухшим. Хотя такая активность не обязательно является предвестником извержения, она показывает, что магматические источники под вулканом вполне живы, что заставляет обратить на него пристальное внимание.







Провал в кровле лавовода с текущей лавой. Май 2013 г.  
Фото М. Белоусовой

## Извержение «заметили» приборы

Извержение Толбачика в 2012–2013 гг. стало для ученых полной неожиданностью. По характеру подготовки оно принципиальным образом отличалось от предыдущего крупного извержения, произошедшего там в 1976 г. и развивавшегося постепенно. Тогда в течение нескольких месяцев сначала регистрировались мощные сейсмические толчки, которые экспоненциально учащались. Кульминацией этого процесса стало открытие 6 июля 1975 г. трещин длиной 200–600 м, из которых начала в огромном объеме изливаться лава. В течение следующих двух месяцев образовывались все новые и новые трещины, постепенно перемещаясь на юг. Первые излияния начались в районе Северного прорыва на расстоянии около 15 км от вершины Плоского Толбачика, а впоследствии добавилось еще одно новое извержение на 25 км южнее – Южный прорыв.

В случае последнего извержения предвестники были далеко не столь четкие, и это не позволило предсказать момент его начала. Уже постфактум детальный анализ сейсмических данных показал повышение количества сейсмических событий в течение нескольких месяцев, которые, впрочем, не вызвали опасений из-за их чрезвычайно малой магнитуды (Kugaenko *et al.*, 2015). Лишь в последний день перед извержением, начавшимся 27 ноября 2012 г., были зарегистрированы достаточно сильные землетрясения, вызванные финальным прорывом магмы на поверхность. Так как Толбачик находится в довольно безлюдном районе, начало извержения обнаружили именно благодаря регистрации этих событий с помощью сейсмических станций Камчатского филиала геофизической службы РАН, которые непрерывно в режиме



Текущая базальтовая лава формирует причудливые формы. Фото автора

реального времени передавали данные в центральный офис в Петропавловске-Камчатском.

В последующие несколько дней извержение сопровождалось мощными взрывами, гул от которых был слышен в окрестных поселениях на расстоянии 30–50 км. Пепел от этих взрывов распространялся на большие расстояния. Лавовые потоки изливались сразу из нескольких мест и растекались на десятки километров. Опасности они, конечно, не представляли, и не потому, что эти места сами по себе малообжитые. На самом деле, лавовые потоки редко приводят к гибели людей: жертвами таких извержений становятся, главным образом, зеваки, которые сами лезут в самое пекло. Наибольшую опасность при извержениях представляют *пирокластические потоки* – смесь высокотемпературных вулканических газов, пепла и камней, а также *лахары* – грязевые потоки, несущиеся по склонам вулкана с огромной скоростью. Но такого рода явления на Толбачике не происходят.

Сразу после «открытия» извержения на Толбачик устремились самые разные специалисты. Несмотря на сложные погодные условия (тайфун, метель),

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН организовал непрерывные комплексные наблюдения за этим извержением. Оказалось, что выброс лавы в этот раз произошел из двух прорывов, расположенных на южном склоне Плоского Толбачика примерно в 5 и 8 км от вершины. Эти прорывы были названы в честь известных российских вулканологов – И. А. Меняйлова и С. И. Набоко. Места извержений располагались ближе к конусу вулкана, чем Северный и Южный прорывы, где шло массивное излияние лавы в 1975–1976 гг.

На Толбачике были проведены самые разные исследования, помимо сейсмологических: геодезические, петрологические, геохимические и т.п. В том числе геохимики установили, что базальт из разных лавовых потоков, как и во время извержения 1975 г., имел маркеры, указывавшие на неоднородность изверженного магматического материала (Churikova *et al.*, 2015). Для геохимиков это принципиальный момент, означающий, что на глубине 30 км могут находиться несколько изолированных горячих «котлов», которые «варят» магму по-разному. Но была вероятность, что состав лав поменялся на подходе к поверхности вследствие

Схема распространения лавовых потоков Толбачинского трещинного извержения 2012–2013 гг. Извержение началось с раскрытия трещины и фонтанирования лавы в прорыве Меняйлова, а несколько позже ниже по склону образовалась трещина прорыва Набоко. По: (Volynets et al., 2015)

- 1 – лавовые потоки прорыва Меняйлова;
- 2 – лавовые потоки прорыва Набоко;
- 3 – лавовые потоки прорыва Меняйлова, перекрытые потоками прорыва Набоко;
- 4 – места отбора проб;
- 5 – положение центров извержения

Установка сейсмических станций в южной части Толбачинского дола в рамках международной экспедиции в 2015 г. Фото автора

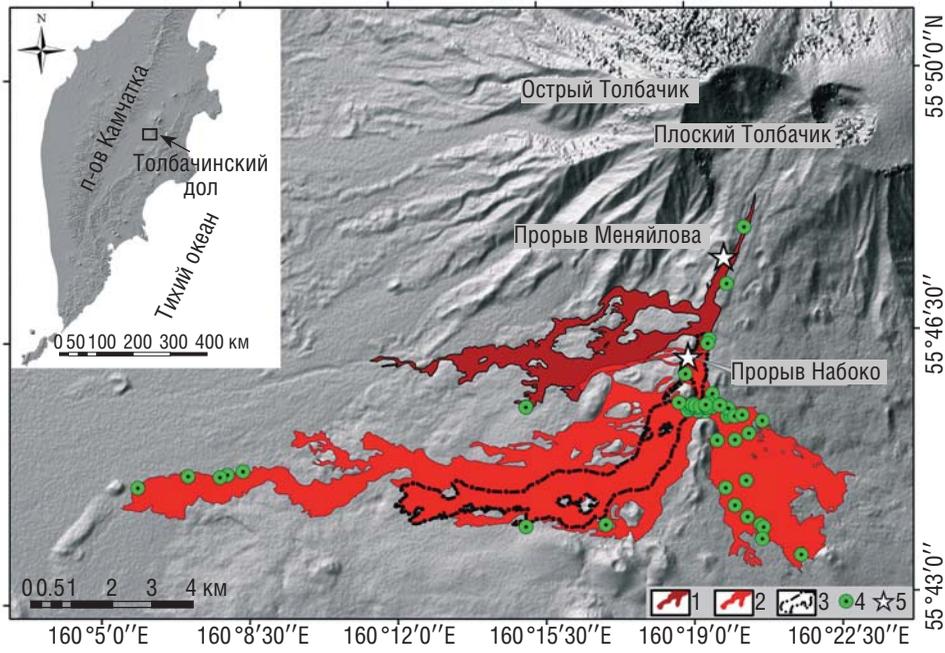


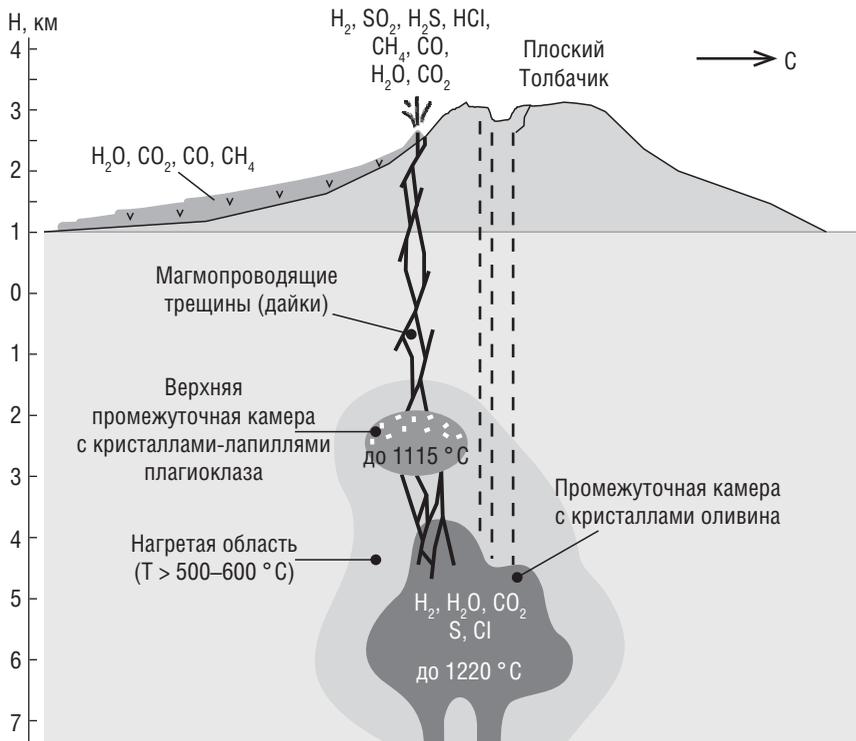
Схема составлена на основе дешифрирования космических снимков NASA и JPL, а также результатов полевых работ







Лавовый поток типа «пахой-хой», с волнообразной поверхностью. При движении жидкой горячей лавы на ее поверхности образуется вязкая стекловатая корка, которая легко скручивается в складки. Такие потоки характерны для вулканов Гавайских островов. Июль 2013 г. Фото А. Белоусова



реагирования и перемешивания с очень неоднородным материалом коры. В этом смысле очень интересно было узнать, вышли ли все прорывы лавы из единого или нескольких глубинных магматических резервуаров и связаны ли они с источниками под другими вулканами, например, Ключевским и Безымянным.

## Взгляд геофизика

Мы приехали на Толбачик примерно через год после окончания извержения. Почему не сразу? Организовать такую экспедицию непросто, да и ставить геофизические станции во время извержения бессмысленно: там было так неспокойно и «шумно», что никакой информации о глубинной структуре мы бы не получили. А когда мы приехали, лава уже почти застыла, хотя еще была достаточно горячей и шипела под дождем. Мы поставили 20 своих станций, еще по четыре станции нам предоставил Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН и Камчатский филиал геофизической службы РАН.

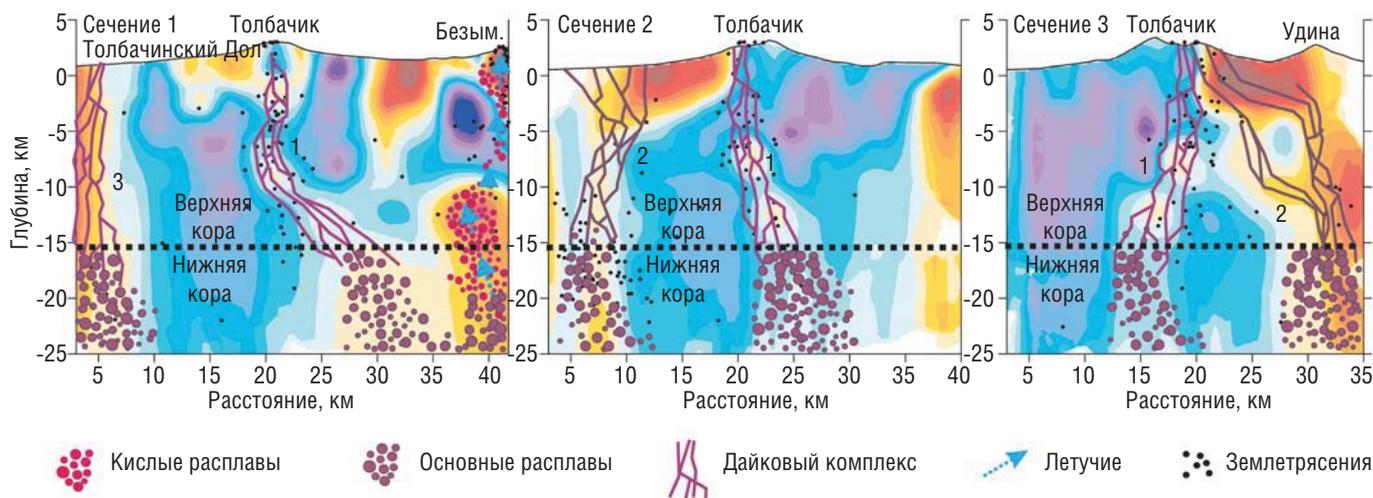
В результате у нас получилась довольно густая и равномерно распределенная сеть из почти трех десятков станций. Надо сказать, что так на вулканах сейсмические станции мало кто ставит: обычно их располагают там, куда удобно добраться, где есть дороги. Создать равномерную сеть сложно, но зато таким образом мы получаем уникальные, очень высокого качества данные.

Собственно говоря, в районе самого Толбачика раньше располагалось всего две сейсмологические станции, благодаря которым было возможно определить лишь сам факт землетрясения, а также примерное расположение его центра с точностью до 5–10 км. При этом надежно локализовать глубину землетрясения практически было нельзя. С помощью же нашей

Данные по петрохимии, геохимии, газовому анализу и фазовому составу расплавленных включений в минералах позволили реконструировать схему движения расплавов и летучих компонентов из промежуточных камер во время Толбачинского трещинного извержения 2012—2013 гг. Быстрое перемещение магмы перед извержением могло проходить по двум сценариям. Либо из нижней камеры в верхнюю и далее через систему трещин-даек, две из которых сформировали прорыв Меньяйлова, а позже прорыв Набоко. Другой вариант – неудавшийся прорыв магмы по отмирающему каналу Плоского Толбачика и боковое перемещение магмы под сдвигонадвиг Толбачинского дола.  
По: (Толбачинское трещинное извержение..., 2017)

Лагерь геофизиков в Толбачинском доле. Август 2015 г. Фото автора





С помощью сейсмической томографии впервые удалось определить коровые источники активности вулкана Толбачик. На трех вертикальных сечениях модели схематично указаны возможные автономные источники расплавов, питающие Толбачинский вулканический комплекс. Непосредственно под Толбачиком наблюдается аномалия с пониженными скоростями сейсмических волн (обозначена цифрой 1), которая предположительно обозначает канал, поставляющий материал из области Ключевского вулкана. Второй источник может располагаться южнее вулкана Удина (цифра 2), а третий – лежать в самой южной части Толбачинского дола (цифра 3). По: (Толбачинское трещинное извержение..., 2017)

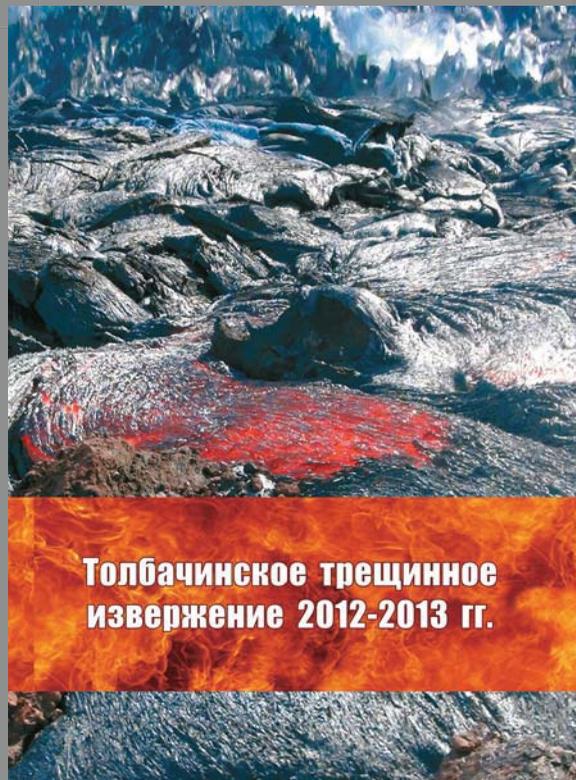
сети мы смогли получить необходимые данные, которые впоследствии были использованы не только для точной локализации сейсмических источников, но и построения *сейсмотомографической модели* вулкана (Koulakov *et al.*, 2017).

Под Толбачиком обнаружилось несколько зон с пониженными скоростями сейсмических волн, которые обычно связывают с областями повышенной температуры и/или с насыщением флюидами или расплавами. На основе этой информации мы определили, что под вулканом имеются как минимум два вертикальных канала, которые его подпитывают. Один канал идет с севера, вполне возможно, что по нему поступает вещество из того же самого источника, что питает Ключевской и Безымянный вулканы. Второй канал, выделенный в сейсмотомографической модели на территории Толбачинского дола, расположен в районе Северного прорыва и ведет к совершенно другому глубинному магматическому источнику. Все это объясняет, почему состав лав вершинного извержения, Южного и Северного прорывов так различается.

К сожалению, расположить станции в районе Южного прорыва в первый свой приезд нам не удалось. Но спустя еще год мы поставили сеть, которая покрыла уже всю область вулкана, и сейчас заканчиваем обработку полученной информации. Это большая рутинная работа: данные только по одному землетрясению обрабатываются несколько дней, а ведь таких землетрясений нужно набрать сотни, а желателен и тысячи.

Огромную работу по изучению глубинного строения под Толбачиком проделали и наши коллеги из КФ ГС РАН. Они использовали другой метод – *микросейсмическое зондирование*. Дело в том, что земная поверхность постоянно колеблется вследствие микросейсмичности, океанских прибоев и прочих факторов. Амплитуда этих колебаний, зарегистрированных на поверхности, зависит от глубинной структуры. Этот эффект можно проиллюстрировать на примере горной реки. Если на дне потока лежит большой камень, то над ним образуется большая стоячая волна – бурун. Если этот камень находится глубоко, то волна будет иметь «плавную» форму, если близко к поверхности – «острый» пик. Так и тут: если на сейсмических записях мы видим большую амплитуду колебаний фонового шума, значит внизу находится тело с низкими сейсмическими скоростями. На основании анализа амплитуды зарегистрированных на поверхности сейсмических колебаний можно оценить глубину и форму аномального тела.

Получение данных для микросейсмического зондирования требует трудоемких полевых работ. Район исследования покрывается достаточно плотной сеткой. Исследователи ставят прибор в каждой ее точке, регистрируют сигнал в течение нескольких часов, а потом переносят прибор на следующую точку, пока



### Толбачинское трещинное извержение 2012-2013 гг.

Монография «Толбачинское трещинное извержение 2012–2013 гг. (ТТИ-50)» / Отв. ред. Е. И. Гордеев, Н. Л. Добрецов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. 421 с. ISBN 978-5-7692-1551-1

**Первые научные статьи, посвященные извержению на Толбачинском вулканическом массиве, вышли в специальном сборнике *Journal of Volcanology and Geothermal Research* в 2015 г. В них был описан ход извержения, приведены данные геохимических анализов, но это был набор отдельных статей. Поэтому академики РАН Н. Л. Добрецов и Е. И. Гордеев решили выпустить специальное издание, где можно было бы в наиболее полном виде представить картину уникального извержения. В монографии «Толбачинское трещинное извержение 2012–2013 гг. (ТТИ-50)», вышедшей в конце 2017 г., детально показаны особенности Камчатской зоны субдукции, в границах которой находится Толбачик. Прослежена геологическая история этого региона, с которой связаны причины разнообразия камчатских вулканов, в том числе Ключевской группы. Помимо описания процесса извержения и сейсмологических данных, в монографии представлена подробная информация по строению земной коры под вулканом, химическому составу лав и вулканических газов, разнообразию горных пород и минеральных ассоциаций в изверженном веществе. Эта информация позволяет судить об особенностях образования магмы в глубинных источниках**



не закончат измерения полностью. Такого рода работа в полевых условиях может занять несколько месяцев. Но главное то, что два независимых геофизических метода, основанных на сейсмотомографии и микросейсмическом зондировании, в целом дали сходные результаты и указали на наличие под Толбачиком питающих каналов, имеющих схожую конфигурацию.

**К**ак известно, основные зоны субдукции расположены вокруг Тихого океана (в Японии, Новой Зеландии, на Филиппинах, в Америке), а также в Индонезии – все это очень густо населенные районы. Там работают очень квалифицированные вулканологи и сейсмологи, и эта работа жизненно необходима, так как сегодняшние технологии позволяют предсказывать, что, где и когда ожидать.

К сожалению, уровень мониторинга вулканов и эффективность оповещения населения не везде находятся на должном уровне. Так, последнее извержение вулкана Фуэго в Гватемале в июне 2018 г. вызвало пирокластические потоки и разрушительные лахары, которые привели к гибели десятков людей. Многочисленные кино- и фотоматериалы, задокументировавшие эту трагедию, показывают, что и само население часто недостаточно серьезно относится к опасности, что и является одной из основных причин человеческих жертв.

Но есть и другие примеры. Так, во время достаточно мощного извержения вулкана Мерапи на о. Ява в 2010 г. прогноз ученых сыграл ключевую роль в спасении населения: по их рекомендациям, сотни тысяч человек были эвакуированы из потенциально опасной области вокруг вулкана радиусом несколько десятков километров. Результаты расчетов оказались точными: пирокластические потоки прошли по эвакуированным районам, не достигнув населенных мест. Если бы не работа вулканологов, то число жертв могло исчисляться десятками тысяч! Ученые стали национальными героями Индонезии, их портреты печатают на футболках. Так что вулканолог – это важная профессия, которая помогает избежать крупных катастроф.

В этом смысле Толбачик, как и всю Ключевскую группу вулканов, можно считать прекрасным исследовательским полигоном: поскольку этот район практически необитаем, извержения фактически ничем не грозят человеку.

Что же нового дало ученым комплексное изучение последнего толбачинского извержения? Как геофизик, не возьмусь делать точные выводы в отношении геохимии и петрологии. Известно, что извержения в зонах субдукции вообще крайне разнообразны, а изверженный материал в этом случае проходит через земную кору континентального типа, очень меняющуюся по составу. Химический состав вещества также зависит от места, где образовался очаг: в верхней или нижней коре или в мантии. Могу только отметить, что сенсацией стало обнаружение в составе образцов с Толбачика микроалмазов, хотя по поводу их существования мнения исследователей разошлись. Насчет геофизики я уже говорил выше: нам впервые удалось построить сейсмотомографическую модель вулкана, которая наглядно продемонстрировала его многокамерность.

В продолжение наших работ летом 2017 г. была установлена сейсмическая сеть на вулкане Безымянный, которая будет снята в июле 2018 г. И для нас было удачей, что уже в декабре там случилось взрывное извержение, сопровождавшееся выбросом пепла на высоту более 10 км и пирокластическими потоками. К счастью, наши станции не пострадали, пирокластический поток прошел в сотне метров от одной из них. Мы надеемся, что полученный с помощью станций материал даст уникальную информацию о том, как осуществлялось накопление взрывной силы внутри вулкана, и детально проследить, как происходил прорыв вулканического вещества во время извержения. В этот раз мы хотим более тесно сотрудничать с петрологами, которые смогут взглянуть на процесс подготовки извержения с точки зрения формирования горных пород.

Кроме того, летом 2018 г. мы планируем установить достаточно плотную сеть на вулкане Авачинский, который находится в непосредственной близости от г. Петропавловск-Камчатский и представляет для него реальную угрозу. Но это уже другая история. Что касается Толбачика, то следующего извержения этого вулкана еще лет тридцать можно не ждать. Хотя кто знает... Ведь извержения вулканов, как и другие природные катастрофы, в долгосрочной перспективе пока еще трудно прогнозировать.

*Исследование поддержано проектом РНФ 14-17-00430*



Академик Н. Л. Добрецов, известный российский геолог и главный редактор журнала «НАУКА из первых рук». Толбачинский дол, 2014 г. Фото С. Котлярова

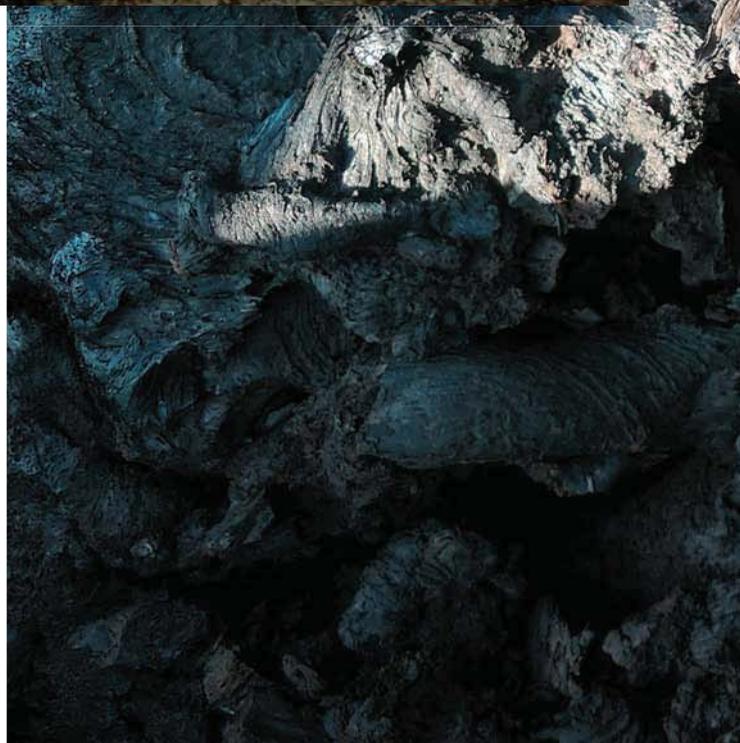
**Академик Н. Л. Добрецов**

**ТОЛБАЧИК – ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН.**

**Комментарий главного редактора**

Толбачинский вулкан отличается необычной геохимией. И в первую очередь эта необычность проявляется в очень высоком содержании калия в изверженных породах: в базальтах Толбачика содержится до 4% оксида калия ( $K_2O$ ). Такие значения являются не только максимальными для Камчатки, но и вообще одними из самых высоких для вулканов островных дуг, образующихся в результате субдукции (близкие значения имеют изверженные породы южноамериканских Кордильер).

Известно, что высокие содержания калия характерны для лав плюмовых извержений. Все без исключения плюмовые породы, от щелочных до нормальных базальтов, насыщены калием и другими элементами 1-й группы, в первую очередь – цезием. В случае плюмовых извержений калий поступает с больших глубин: из металлического ядра планеты, содержащего, очевидно, этот элемент в больших количествах. Однако все извержения на островных дугах обычно натриевые.





\*\*\*

Большую роль в исследованиях вулканических образований и вулканической деятельности Камчатки сыграла экспедиция Русского географического общества, проведенная на деньги купца Ф. П. Рябушинского в 1908–1910 гг. Отряд Камчатской экспедиции состоял из двух равноправных групп, в одну из которых вошел геолог С. А. Конради и студент Горного института Н. Г. Келль, дед по матери академика Н. Л. Добрецова. Отряд пробыл на Камчатке около 2.5 лет, из них полтора года – на полевой работе (Витер, 2008).

Николай Келль, будущий член-корреспондент АН СССР, участвовал в Камчатской экспедиции в качестве топографа. По словам Конради, «он составил первую карту вулканов Камчатки, применив новый для того времени фототеодолитный метод съемки». К вычислениям он приступил сразу после возвращения с Камчатки и вел их в свободное время до 1917 г., а затем вернулся к ним на короткое время в 1919 г., когда был избран ректором Уральского горного института. В 1922 г. при содействии РГО он занялся составлением карты (Келль, 1925).

Труд, начатый геологическим отрядом на Камчатке, был с блеском завершен Келлем в 1926 г., когда он подготовил к III Всетихоокеанскому конгрессу карту вулканов Камчатки, которая была издана Русским географическим обществом в 1928 г. В своем заключении к объяснительной записке он напишет: «...Работа на Камчатке с восхождением на вершины вулканов с широкими горизонтами оставила неизгладимое впечатление... Какое радостное чувство растет и ширится в груди, когда вы поднимаетесь на гору и перед вами в ясный день раскрывается необъятная чудная панорама. Вы невольно с этим чувством восходите и на вершину человеческого духа, вам становится все таким ясным и простым, что вы прощаете все и с двойным смыслом восклицаете вместе с поэтом: “для взшедших, все видно внизу”...» (Келль, 1928).

В начале 1930-х гг. в экспедициях на Авачу принимала участие Ю. Н. Келль – дочь Н. Г. Келля, в то время аспирантка, и молодой, но уже известный физик Л. Н. Добрецов – отец Н. Л. Добрецова. Впоследствии сам Николай Леонтьевич работал на Камчатке в 1964–1966 гг. и 2012–2016 гг., а в 1980-е гг. в Институте вулканологии ДВО АН СССР работала Ю. Г. Добрецова, дочь его старшего брата. Так, начиная с начала прошлого века, на Камчатке работали четыре поколения Келлей-Добрецовых, и есть надежда, что эта традиция будет продолжена.

*По: (Толбачинское трещинное извержение..., 2017)*

Здесь нужно особо отметить, что проблематика, связанная с соотношением содержания в породах калия и натрия, очень важна. Глобальные геохимические особенности состоят именно в том, что вся кора континентов калиевая, а морская и океаническая – натриевая, что естественно, потому что в самой морской воде много натрия, а калий хотя и присутствует, но в очень малых количествах. Тем не менее на Толбачике мы имеем дело с высококалиевыми породами, несмотря на то что вулканы Камчатки подпитываются благодаря погружению Тихоокеанской литосферной плиты под Охотоморскую. Также в породах на Толбачике много цезия, поскольку содержание К и Cs в изверженных лавах всегда прямо взаимосвязано.

Эта проблема «калия и натрия» только сейчас начинает по-настоящему обсуждаться, и можно надеяться, что на примере Толбачика она будет каким-то образом прояснена. В монографии, выход которой стал одним из поводов для написания этой статьи, мы приводим нашу модель REFC, представляющую собой систему уравнений для описания эволюции состава магматических камер. Суть ее в том, что в вулканической структуре присутствуют несколько очагов магмы, между которыми все время идет непрерывный обмен веществом. Изменения в выше-лежащем очаге всегда связаны с изменениями в другом, более глубинном, вплоть до того, что пять таких очагов могут работать как единая проточная колонна – именно такой процесс мы наблюдаем на Толбачике. Подобные системы могут порождать много необычных геохимических черт, в том числе и формировать нехарактерные для субдукционного извержения высококалиевые щелочные магматические породы.

Помимо высокого содержания калия и цезия, лавы Толбачика и ассоциированные с ними горячие газовые выделения *фумарол* и *сольфатаров* (небольших отверстий и трещин в кратере вулкана или застывающих лавовых потоках) содержат ртуть и большое количество сульфатов. Это является результатом «наложения» низкотемпературных (неглубинных) геотермальных процессов, что весьма типично для вулканов островных дуг (яркий пример – кальдера камчатского вулкана Узон с ее мощными газогидротермальными источниками).

В СМИ широко рекламировалось открытие на Толбачике свыше десятка новых, ранее неизвестных минералов, найденных геологами из МГУ. Следует уточнить, что большинство этих минералов обязано своим происхождением именно низкотемпературной геотермальной активности. Такие минералы можно «поймать» в выходах вулканических газов из фумарол, однако они быстро разрушаются в результате растворения и окисления. И в этом смысле исключительность Толбачика заключается еще и в его доступности, благодаря которой исследователи имели





Вулкан Безымянный с высоты птичьего полета. Видно, как внутри кальдеры, образовавшейся в результате взрыва 1956 г., растет новый активный конус. Фото автора

уникальную возможность изучать все это «вживую», непосредственно во время извержения.

Вообще же в наши дни геологи ежегодно открывают несколько десятков новых минералов, хотя лишь немногие из них являются продуктами глубинных магматических процессов. К новым открытиям приводит не только изучение современного вулканизма, но и *ксенолитов* – обломков пород, которые выносятся магмой из верхней мантии. Свой вклад в минералогическую «копилку» внесли и новосибирские минералоги. Например, известны работы В. Н. Васильева по гидротермальным и рудным минералам. Академик Н. В. Соболев и его ученики обнаружили около двух десятков новых минералов в высокобарических алмазоносных гнейсах Кокчетавского пояса и в кимберлитах (как в глубинных ксенолитах, так и в виде включений в алмазах). Эти открытия были сделаны совместно со специалистами из Японии и Сингапура, на вооружении которых имеются «тонкие» методы исследования, так как эти минералы обычно представлены слишком мелкими включениями, чтобы увидеть их в микроскоп.

Возвращаясь к Толбачику, нужно сказать еще об одной геохимической особенности, которая чуть не стала сенсацией. Это ассоциация самородных металлов и микроалмазов, обнаруженная при изучении состава лав последнего извержения. Ряд специалистов, и я в том числе, уверены, что речь идет об обычном техногенном загрязнении. Об этом свидетельствует сам список, в котором присутствуют отечественный дюралюминий, латунь и другие техногенные металлы. Все это «богатство» – составная часть атмосферного аэрозоля, который может существовать годами. В лаву же эти частицы вместе с вулканическим пеплом могли попасть благодаря большому тайфуну.

Много такой техногенной пыли, включая и наноразмерные алмазы, сегодня поступает в атмосферу с континентального Китая, где, кстати, имеется самое большое в мире производство промышленных алмазов, в том числе абразивного качества. Из-за изменения климата и направления ветров эта пыль сейчас выносится на Камчатку и в Охотское море. Поэтому последнее извержение на Толбачике еще раз напомнило о необходимости изучения процессов глобального атмосферного переноса.

В заключение напомню, что вулканизм является важнейшим фактором рудообразования, а субдукционные условия благоприятны для формирования месторождений ряда элементов, таких как золото и серебро, медь и молибден, а также полиметаллических элементов. И хотя все

вулканические рудопроявления не являются крупными по запасам, они отличаются очень высокими, часто ураганскими концентрациями элементов. К тому же и формируются такие месторождения в геологическом масштабе достаточно быстро: менее чем за миллион лет.

На Камчатке имеются достаточно большие месторождения золота и серебра, а также более мелкие – меди и молибдена. На курильском вулкане Кудрявом прямо в жерле обнаружены отложения минералов теллура, меди, серебра и др. А на Урале, который представляет собой древнюю островную дугу, – месторождения меди, свинца и цинка. Именно эти древние вулканы дали сырье для пушек и пуль армии Петра I, послуживших основой первого промышленного переворота в России. А купцы Демидовы, разрабатывавшие месторождения, учредили первую отечественную научную премию, которая присуждается до сих пор и которой были удостоены несколько сибирских геологов: академики М. Н. Кузьмин, А. Э. Конторович и Н. Л. Добрецов

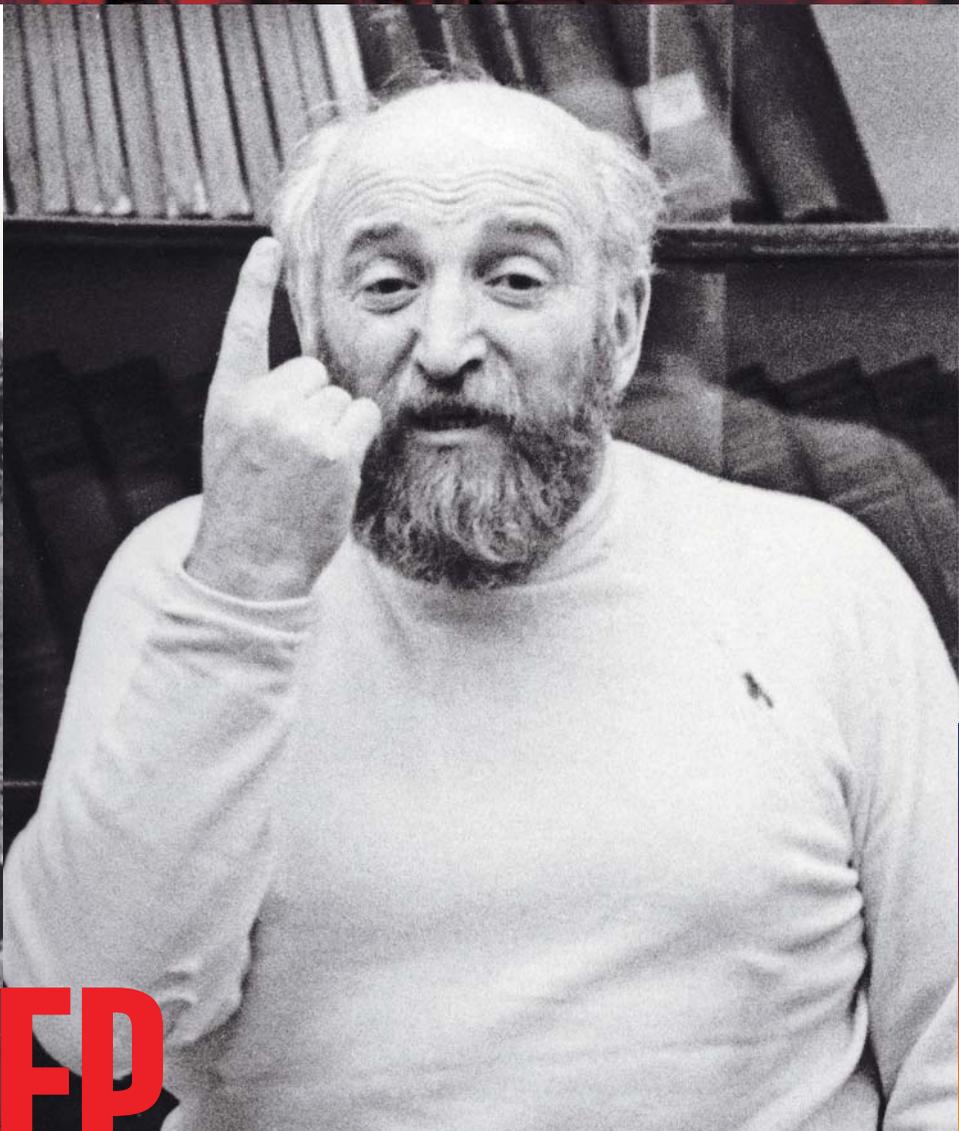
#### Литература

- Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка. 1975–1976 / Отв. Ред. С. А. Федотов. М.: Наука, 1984. 637 с.
- Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г., Кирдяшкин А. А. Глубинная геодинамика. 2-е изд., доп. и перераб. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 410 с.
- Крашенинников С. П. Описание Земли Камчатки. СПб., 1994. Т. 1, 2.
- Кулаков И. Ю., Добрецов Н. Л., Бушенкова Н. А. и др. Форма слэбов в зонах субдукции под Курило-Камчатской и Алеутской дугами по данным региональной томографии // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 6. С. 830–851.
- Churikova T. G., Gordeychik B. N., Iwamori H. et al. Petrological and geochemical evolution of the Tolbachik volcanic massif, Kamchatka, Russia // J. of Volcanology and Geothermal Research. 2015. № 307. P. 156–181.
- Koulakov I., Abkadyrov I., Arifi N. Al. et al. Three different types of plumbing system beneath the neighboring active volcanoes of Tolbachik, Bezymianny and Klyuchevskoy in Kamchatka // J. Geophys. Res. Solid Earth. 2017. V. 122. N. 5. P. 3852–3874. doi:10.1002/2017JB014082.
- Kugaenko Y., Titkov N., Saltykov V. Constraints on unrest in the Tolbachik volcanic zone in Kamchatka prior the 2012–13 flank fissure eruption of Plosky Tolbachik volcano from local seismicity and GPS data // J. of Volcanology and Geothermal Research. 2015. V. 307. P. 38–46.



«Извержение вулкана Плоский Толбачик 2012–2013 гг. предоставило ученым очень большой объем наблюдений, полученных при помощи различных геологических и геофизических методов. Обработка и анализ этих наблюдений, а также осмысление их результатов будут продолжаться еще достаточно долго и позволят улучшить наше понимание физических механизмов, контролирующих крупные вулканические извержения и разработать новые подходы мониторинга вулканической активности» (Толбачинское трещинное извержение..., 2017, с. 5)

Автор и редакция благодарят  
к.г.-м.н. А.Б. Белоусова  
(Институт вулканологии  
и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский)  
за предоставленные фотографии



# БУДКЕР

## В ЧЕТЫРЕХ РАКУРСАХ

*К 100-летию  
академика Г.И. Будкера*

Фото В. Петрова



Слово «невозможно» для него не существовало. Чем труднее была задача, тем больше она его увлекала. Решения, которые он находил, были оригинальны, неожиданны, просты и эффективны. Оригинальными – в том смысле, что только он мог придумать это решение; неожиданными – потому что все вокруг удивлялись, что можно сделать это именно так; простыми – потому что это всегда был самый прямой путь к цели, который казался очевидным лишь после того, как он его предложил; эффективными – потому что он успешно претворял свои идеи в реальность. Я говорю не только об идеях физических или инженерных, я также думаю о проблемах человеческих взаимоотношений, организации работы и руководства научным коллективом. Все это он делал не так, как любой другой, – лучше, дешевле, быстрее и более элегантно...

*Профессор В. Вайскопф, Массачусетский технологический институт (США)*

**Ключевые слова:**

Будкер, Институт ядерной физики, ускорители частиц, коллайдер, термоядерная энергетика, управляемый термоядерный синтез.

**Key words:** Budker, Institute of Nuclear Physics, particle accelerators, collider, fusion energy, nuclear fusion

Весной 2018 г. научная общественность отметила столетие со дня рождения выдающегося советского физика, академика Герша Ицковича Будкера (в быту Андрея Михайловича), организатора и первого директора новосибирского Института ядерной физики. Судьба отпустила ему в науке немногим более тридцати лет, но, по словам чл.-корр. И.Б. Хрипловича, «благодаря увлеченности Будкер в свои неполные шестьдесят лет прожил фактически несколько жизней. Тонкий физик, «фонтанирующий» изобретатель, создатель и руководитель крупного института – того, что достиг он в каждом из этих занятий, с лихвой хватило бы на яркую, большую человеческую жизнь». Научным и организационным достижениям Будкера, как и самой неординарной личности этого гениального физика, посвящены десятки публикаций. Но сегодня мы предлагаем читателям одно из самых ярких и редких свидетельств – воспоминания Аллы Мелик-Пашаевой, которая была не только женой Будкера, но и талантливой тележурналисткой. Текст воспоминаний публикуется в сокращении по книге А.А. Мелик-Пашаевой «А.М. Будкер в четырех ракурсах» (1988 г.). Редакция позволила себе добавить некоторые воспоминания учеников и коллег академика Будкера, его товарищей по совместной работе

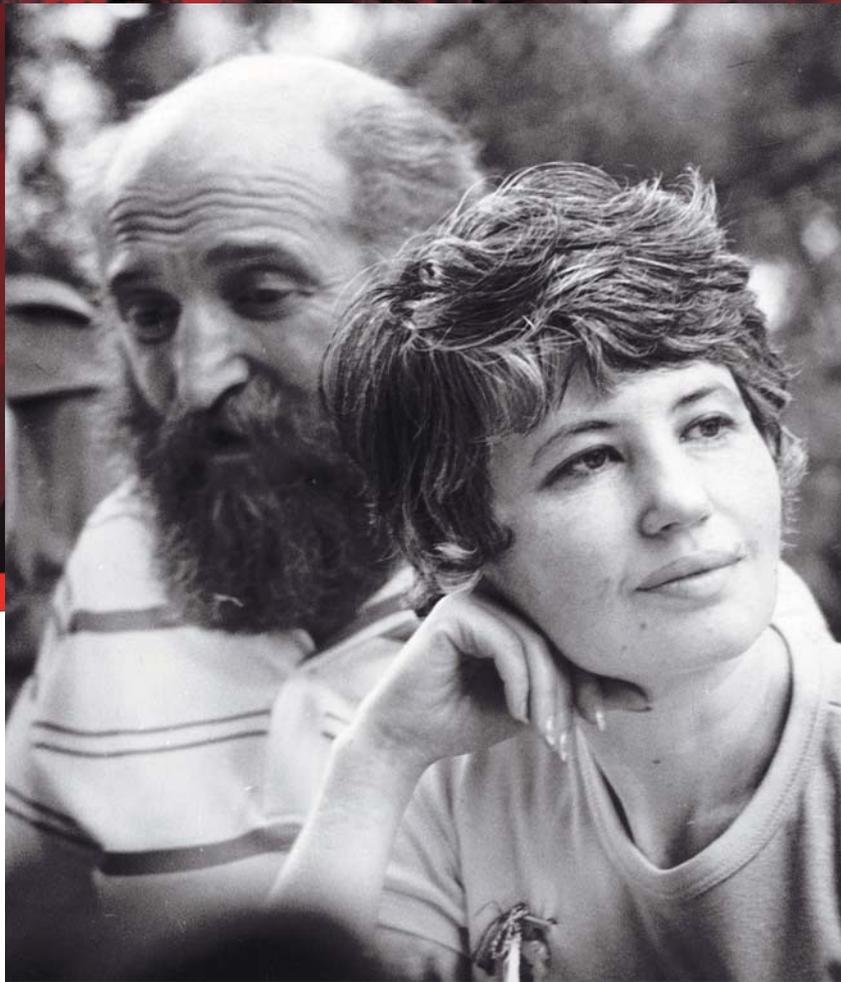
Алла Александровна МЕЛИК-ПАШАЕВА – советский и российский тележурналист, теледееатель, сценарист и режиссер документального кино. Более 40 лет активно участвовала в деятельности отечественного телевидения. По ее сценариям было снято 60 художественных, документальных и научно-популярных телефильмов.

*Ниже публикуются воспоминания А. А. Мелик-Пашаевой по книге «А. М. Будкер в четырех ракурсах», 1988 г. (в сокращении)*

**Ф**изики мира знали Андрея Михайловича Будкера как автора замечательных работ по ядерным реакторам, ускорителям, физике плазмы, физике частиц высоких энергий. И как очень изобретательного, остроумного человека. Мне же посчастливилось видеть его дома изо дня в день последние восемь лет его жизни – видеть жизнерадостным, искрящимся и измученным, отчаявшимся, открытым людям и ушедшим в себя, нестареющим человеком, мудрым и нежным отцом и настоящим мужчиной, героически сражавшимся с болезнью... Если верно, что даже в крошечном мгновении отражается жизнь, подобно тому, как в капле воды – океан, тогда есть какая-то надежда собрать крупницы этой жизни – так, как сохранила их память других людей, как сохранила их моя память. И из этих осколков постараться составить зеркало.

Итак, Будкер в четырех ракурсах.

Академик Г. И. Будкер со своей женой А. А. Мелик-Пашаевой. Новосибирск. Фото В. Новикова



## Ракурс первый. С самим собой...

Андрей Михайлович рассказывал мне свою жизнь, день за днем. Наверное, «рассказывал» – слово неподходящее. Он показывал ее, живописал, раскадровывал, монтировал – словом, действовал как истинный документалист. Он не мог режиссировать по-своему или отменить прошедшее, и единственная его власть над непрерывной лентой судьбы – перестановка или повтор уже зафиксированных жизнью событий.

Я отчетливо видела то, чего видеть не могла, более того, не мог видеть и сам Андрей Михайлович: маленькое украинское село в разгар гражданской войны, мельницу над рекой, где батрачил его отец, торопливую, отчаянную перестрелку красных и петлюровцев... Крепкое тело отца будто сломалось под градом петлюровских пуль. Он как-то неловко, боком рухнул в реку. Мать, стоя на берегу (все произошло на ее глазах), долго следила взглядом, как успокаивалась вода. И когда мельница наконец снова отразилась в зеркале реки, бесцельно побрела прочь, не сознавая еще, что с этой минуты осталась 19-летней вдовой с двухнедельным младенцем на руках.

В июне 1976 г. Андрей Михайлович взял меня и младшего сына в Винницу на празднование сорокалетия окончания школы. Он увидел город своего детства в солнце, зелени и цветах, Южный Буг и чудом уцелевшую на окраине, вросшую в землю подслеповатую халупу.

Кажется, после них никто в ней больше и не жил: всего-то одна комнатуха под покосившейся крышей, сыро, неудобно... А ему, помнится, все здесь казалось уютным: коврик, сплетенный из разноцветных лоскутков на полу, некрашенный стол, одна табуретка, узкая кровать в углу у окна... На видном месте стояла фотография отца: на него внимательно смотрел худощавый молодой человек в темном сюртуке, цилиндре и с тростью – все взято напрокат у фотографа. Он так долго вглядывался в фотографию, что запомнил ее на всю жизнь, до мельчайших черточек. Чем старше он становился, тем чаще находил во внешности отца что-то до боли знакомое. Но что?! Однажды понял: руки отца, держащие трость, – это руки его старшего сына Володи.

Мать была доброй, работающей и совсем неграмотной женщиной. Вместо подписи ставила крест. К концу жизни научилась читать и читала много, жадно, упиваясь страстями и страданиями, так подробно и красочно описанными Мопассаном, Флобером, Стендалем.

Все ее существование в лучшие годы делилось на две неравные половины: одна – постоянная борьба с нуждой, другая – неотступный страх за лобастого, непоседливого, быстрого, как ртуть, Эську (так его называли в детстве дома). Совсем пацаном он уже знал наизусть – стараниями набожной родни – целые главы Библии и Талмуда. Его ставили на стул посреди комнаты, и восьмилетний мудрец вел ожесточенные споры с убеленными сединами старцами... Может быть, именно с тех пор он не признавал незыблемых авторитетов перед лицом истины?..

В голодные двадцатые годы они чуть не погибли вместе с матерью. Спас красный командир, попавший к ним на постой: потрясенный необыкновенными способностями



### АКАДЕМИК С. Т. БЕЛЯЕВ: «НЕДОЛГАЯ, НО ЯРКАЯ ЖИЗНЬ»

Андрей Михайлович Будкер – фигура в нашей науке уникальная. Оригинальный самородок, ученый, явно не вписывающийся в ряд признанных научных направлений и школ, он прожил недолгую, но яркую жизнь и оставил в науке много основополагающих идей и результатов.

Так или примерно так пишут и будут писать о Будкере историки науки, и это абсолютная правда. Но для тех, кто работал с ним, кто знал его и в суматошных рабочих буднях и житейских передерягах, Андрей Михайлович (или просто – А. М.) прежде всего оригинальная и своеобразная личность. Иных его пестрота и многозначность ошарашивала своей неканоничностью. Симвиоз мудреца и активно-деятельного человека с чертами наивно-суетного местечкового провинциала. Глубокая внутренняя совестливость и порядочность соседствовали с хитрецей балаганного фокусника. Но кто знает, может быть, без этой сложности и непричесанности не было бы у А. М. и его оригинального и парадоксального мышления. Яркие таланты нередко сопровождаются причудами характера. И как часто последнее перевешивает в общественном мнении, всячески затрудняя проявление самого таланта. Поэтому гладкая иконопись в галерее выдающихся ученых вредна и неуместна. Жизнь А. М. Будкера интересна и поучительна также и с этой стороны.

*По: (Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания, 1988)*



23 июня 1941 г. Андрей Будкер сдал последний госэкзамен. Годы Великой Отечественной войны выпускник физфака МГУ прошел офицером-артиллеристом (справа)

и быстрым умом маленького заморыша, он, уходя, оставил мешок пшена. Мать растянула его на долгую голодную зиму. С тех пор Андрей не брал в рот пшенки. Ну разве на войне... <...>

После девятого класса Андрей отправился в столицу – поступать в МГУ, но принят не был и вернулся в родную Девятую школу. Учителей не хватало, и ему предложили преподавать физику и математику в своем и в соседнем классе. Порядок на уроках поддерживали признанные силачи и забияки – в заработках Эськи были кровно заинтересованы все: если у него вдруг заводилась копейка, он щедро делился с товарищами.

Но в 1935 г. рыжий, вихрастый и с виду нахальный пацан снова появляется в столице, в Марьиной роще.

Было известно, что Будкер испытывает необыкновенный восторг перед авиацией. Однажды под окнами его дома в Академгородке, на огороде, появился старенький, давно списанный учебный самолетик – подарок командующего округом. Он и его офицеры были гостями ученых.

Не прошло и двух часов, как примчались запыхавшиеся офицеры: «Командующий приказал снять крылья. А то Будкер еще полетит, – сказал он, – я его знаю!..»

...Почему он выбрал университет, науку? Мальчишки в то время бредили авиацией, охотно шли в автодорожный и транспортный. Наукой же мало кто интересовался, она давала плохое материальное обеспечение в будущем. Слово «физика» значило очень мало. Однако уже в девятом классе, лучший из лучших учеников, он твердо знал, что пойдет в университет, хотя это было не в моде, там не было даже конкурса... Не потому ли, что латинское слово «универсум» означает «мир как целое»? Да, ему было интересно все. И хотя университет сулил в будущем разве что распределение в среднюю школу, ему он обещал целый мир!

...Я как будто вижу осеннюю Москву 1936 г., аудитории старого здания на Моховой и вчерашних школьников, перед которыми на первой же лекции возникла непонятная страна, где не существует понятий «большое», «малое», а «больше чем» и «меньше чем». Здесь требуются не решения поставленных задач, а самостоятельные размышления.

Их курс оказался очень сильным: из 100–120 поступивших не менее 20 – огромный процент! – стали потом докторами наук, членами академии, признанными в своих

областях физиками. А сколько ярких ребят погибло, не дожив до славы и признания!

Коренастый и настырный провинциал выделялся даже среди самых сильных студентов. Но была сфера, где с ним не мог тягаться никто: самозабвенное хвастовство. Чем он хвастался? Да чем угодно – шириной своих плеч, гимнастическими успехами, знанием самых современных танцевальных па. Но его хвастовство почему-то не раздражало: возможно, потому что в нем не было оттенка карьеризма, просто он самоутверждался, этакий юный провинциальный лев, в среде интеллигентных московских мальчиков, пришедших в университет также по чистому велению души. Интересно, что всю свою жизнь он гордился и хвастался вовсе не главными своими достоинствами. Трудно было найти человека более штатского, чем Будкер. Но в 1960-х гг. – очевидно, из уважения к его выдающимся научным заслугам – были отмечены его инженерные разработки. Надо было слышать и видеть, как его распирало от гордости. Он упоминал об этом при каждом подходящем и неподходящем случае. Но никогда не хвастался своим академическим титулом.

Кажется, Будкер имел все взыскания, какие можно было схлопотать. Даже по спортивному обществу «Наука». Он занимался в гимнастической секции и получил спортивную форму. Но в нарушение всех правил ходил в ней на лекции. Ларчик просто открывался: его стипендия на нынешние деньги была рублей двадцать. Уже на третьем курсе женился и нахально появлялся в университете раз в месяц – в день выдачи стипендии. Он работал, зарабатывал деньги для семьи чем мог, начиная с модных тогда танцев. Танцор он был отменный.

### АКАДЕМИК А. Б. МИГДАЛ: ФИЗИК МИЛОСТЬЮ БОЖИЕЙ

В 1946 г., после демобилизации, Андрей позвонил мне с просьбой принять его на работу. Мы встретились у меня дома. Сначала я задал ему несколько научных вопросов, и выяснилось, что он очень мало знает или, вернее, мало что помнит после армии. Но форма незнания была необычной. На вопрос, какой спин у дейтона, он ответил: «Это же ясно – либо ноль, либо единица». И это, разумеется, лучше, чем ответ «не знаю» или верный заученный ответ. Я стал его расспрашивать о том, чем он занимался в армии, и выяснилось, что он сделал несколько изобретений, которые были использованы в зенитной части, где он служил. Стало ясно, что этого человека следует взять на работу.

Я горжусь тем, что мне удалось разглядеть в этом провинциальном молодом человеке – Андрею тогда было 28 лет – необычайный характер мышления, размах и широту взглядов. Размах – одна из главных его черт – проявлялся во всем уже тогда. Он не стал подправлять свое непривычное имя Герш Ицкович, скажем, на Григорий Исаакович, а как человек с размахом назвал себя Андреем Михайловичем...

Мы собирались в нашей комнате теоретиков – № 37 – дважды в неделю. Спорили неистово и страшно при этом кричали. Я пытался хоть что-то понять в этом невообразимом шуме. Как-то при обсуждении очередной идеи Будкер, по своему обыкновению, рта никому не давал открыть. Он меня просто взбесил, и я выставил его из комнаты. Но через минуту он все-таки просунул голову в дверь и прокричал, перекрывая голоса спорящих, как надо сделать. Я расхохотался: этот несносный нахал снова оказался прав!.. Самая удивительная особенность, которая ставила его в своей области на первое место в мире, – это неисчерпаемая инженерно-физическая фантазия. Нам, физикам-теоретикам, далеким от техники, не имеющим той инженерной жилки, которая в сильнейшей степени присутствовала у Андрея, его проекты поначалу казались фантастическими, но потом, к нашему изумлению, они начинали жить реальной жизнью. Это одна из его самых замечательных черт – способность фантазировать, но так, что фантазии осуществлялись.

Когда мы все, по предложению Курчатова, стали заниматься проблемой управляемой термоядерной реакции, Андрей почти каждое утро приходил с новыми идеями, которые мы обсуждали. К тому времени его необычайный дар физического изобретательства приобрел зрелость. Помню, как, придя утром после бессонной ночи, он рассказывал о только что придуманных магнитных ловушках. Слова «физическое изобретательство» требуют уточнения. Андрей никогда не ограничивался только идеей. Он рассматривал задачу всесторонне, используя весь необходимый арсенал теоретической физики: находил интегралы движения, решал кинетическое уравнение, проверял устойчивость. Всестороннее теоретическое исследование инженерно-физических идей было главной чертой его основных работ.

И что еще удивительно – он прекрасно знал возможности техники, хотя технику, так же как и физику, он узнавал не из книг, а «на слух». Без этого безудержная фантазия увела бы его далеко от реальности.

Однажды Андрей начал лекцию со слов: «Физика – это же такая красавица». И «красавица» была к нему благосклонна. Он был физиком от рождения, не экспериментатор, не теоретик, а физик с большой буквы.

*По: (Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания, 1988)*

...Однажды, через много лет, его вызвали в Москву. После утомительного, нервного совещания в очень высоких инстанциях, устало опустившись на переднее сиденье присланной из академического гаража черной «Волги», он, вопреки обыкновению, не сразу взглянул на сидевшего за рулем водителя. А когда взглянул... «Постой, постой!.. А вы не играете на рояле?..»

Все сорок минут пути они, перебивая друг друга, вспоминали подробности тех счастливых и голодных молодых дней, когда рыскали в поисках заработка, рыжий учитель танцев и его лихой, зажигающий тапер – черноглазый грек Семерджиев.

«Подумать только, – как будто не веря самому себе, произнес в задумчивости водитель Семерджиев, – договариваться об уроках вы ходили в моем пальто (своего у вас не было) и в тапочках на босу ногу. И на тебе – академик...». <...>

...Наступил последний пятый курс университета. 1 апреля 1941 г. он исполнил немислимый танец под окнами роддома – недалеко от их студенческого общежития на Стромьнке: в этот день у него родился сын.

Последний госэкзамен – 23 июня. Из аудитории Будкер побежал в комитет комсомола, считал, что с комсомольским билетом у него будет больше прав пойти на войну добровольцем. <...>

Пройдет тридцать лет, и однажды 9 мая Андрей Михайлович расскажет младшему сыну историю, которая останется в семейных воспоминаниях под названием «Как папа был дезертиром». О вчерашнем школяре, попавшем не в регулярную часть, а в один из отрядов московского ополчения. Командир – усталый седой человек, кадровый офицер – не знал, куда спрятаться от этого шумного, рыжего, постоянно вертевшегося под ногами новобранца, задававшего кучу вопросов и требовавшего немедленно выдать ему оружие..

В один из жарких июльских дней в расположении отряда появился грузный, с тяжелой одышкой человек, беспрестанно вытиравший катившийся градом пот со лба: военпред оборонного предприятия срочно разыскивал дезертира Будкера!

Оказывается, за несколько месяцев до начала войны Андрей, как обремененный семьей выпускник, был распределен, в порядке исключения, не в школу, а на подмосковный завод – дефектоскопистом. В первый же день войны завод стал оборонным предприятием, а дефектоскопист Будкер, выпускник Московского университета, попал в число очень дефицитных специалистов по контролю за качеством металла.

Один бог ведает, как удалось военпреду разыскать его в суматохе и неразберихе первых дней войны. При всех он обрушил на его голову поток брани и страшное обвинение – дезертир. И тут произошло неожиданное – измученный командир вдруг взорвался: «Какой



Г. И. Будкер. Новосибирск. 1966 г. Фото А. Полякова

он, к лешему, дезертир? Он же воевать пришел, он мне всю плешь проел своими вопросами! А ты – “дезертир”!»

...Тридцать лет спустя, рассказывая эту историю сыну, Андрей Михайлович так и не знал, кто же был прав – доброволец, рвущийся из тыла в пекло, или военпред, которому позарез нужен был в тылу редкий специалист. <...>

В начале сорок пятого его послали в Москву – на слет армейских изобретателей. Командир полевой части, где он сделал первое свое изобретение, назвал созданный им прибор «АМБ» – Андрей Михайлович Будкер.

В Москве стояла зима, а в воздухе уже пахло весной, весной победы. На улице Горького, «у Елисеева», как на старый манер говорили москвичи, открыли коммерческий магазин, без карточек: одно пирожное – пятьдесят рублей, порция мороженого – двадцать пять.

Будкер просадил «у Елисеева» солидную часть своих денег, которые не на что было тратить на фронте. Он решил как следует подкрепиться перед ответственным визитом – сдачей теорминимума самому Ландау.

В доме Ландау его проводили куда-то на второй этаж, и он неуклюже рухнул в низкое, обтянутое кожей кресло. Оно показалось ему страшно неудобным.

Стремительно вошел хозяин дома, отрекомендовался: Лев Давидович. Будкер мгновенно забыл имя-отчество и обращался к профессору по-военному: «товарищ доктор». Ландау это раздражало. В течение беседы он неоднократно напоминал, как его зовут. Но тщетно, Будкер, обладавший феноменальной памятью, на этот раз усвоить два слова так и не смог – они будто проскакивали в бездонную бочку.

Ландау предложил взять ему какой-то интеграл и вышел. И вот тут-то и начались муки: дали себя знать пирожные, с детской жадностью поглощенные в магазине. В глазах помутилось, лоб покрылся испариной, он проклял все – в том числе и неизвестное ему расположение помещений в квартире профессора.

Теорминимума он не сдал.

В следующем году он снова появился в Москве. Все та же армейская форма, но уже без погон. В доме товарища по университету сразу стало тесно и шумно. Объявил: «Срочно нужна работа и квартира!» Однокашник обещал подумать: возможно, что-то прояснится в ближайшие месяцы.

– Какие месяцы?! – искренне изумился Будкер. – Мне нужно сегодня, сейчас: жена с детьми и вещами сидит на вокзале! <...>

## Ракурс второй. С наукой...

Судьбой его распорядился случай. Оказавшись в сорок шестом в Москве, он пришел в университетское общежитие на Стромынке. Кто-то из ребят посоветовал разыскать учреждение, где занимаются какими-то хитрыми проблемами, там позарез нужны физики. <...>

С самого начала ему посчастливилось работать рядом с И. В. Курчатовым, И. Я. Померанчуком, Л. А. Арцимовичем, М. А. Леонтовичем, А. Б. Мигдалом. Это была прекрасная школа. Школа зрелости. На ее пороге он простился с поисками в русле известных, общепризнанных идей и сделал шаг в мир собственных дерзких проектов, которые многим будут казаться просто фантастическими и годными для обсуждения лишь в узком кругу друзей...

«Когда была сформулирована идея управляемого термоядерного реактора, – вспоминает профессор И. Н. Головин, – Игорь Васильевич назвал имена четырех-пяти теоретиков, которых надо непременно к этой работе привлечь, среди них был и Будкер. С осени 1950 г. все его мысли поглощены новой проблемой. Он регулярно приходит в лабораторию, чтобы встретиться с Курчатовым, потом долгими часами размышляет в тишине над листами исписанной или чистой бумаги. Суровый, уединенный, почти монастырский уклад. Вечерами он возвращался в финский домик (он жил рядом с институтом) и вместе с матерью копался в земле – сажал цветы (эта страсть осталась у него на всю жизнь), разводил огород. Семья росла, ждали третьего ребенка, и жить на одну зарплату в 1700 (по-нынешнему 170) рублей было сложновато».

Будкер предложил свой собственный подход к проблеме термояда, придумал «магнитные пробки» для удержания плазмы и стал родоначальником нового направления. И. Н. Головин вспоминает, что все, кто занимался термоядом, были взволнованы смелостью выдвинутых им идей. <...>

А нетерпеливый ум Будкера стремился дальше – от «обычной» плазмы к плазме релятивистской. В этом зыбком, странном, неустойчивом мире частиц, мчащихся почти со скоростью света, он вдруг мысленно различил нечто реальное, почти осязаемое! «Я отчетливо видел в своих формулах яркое светящееся кольцо. Оно могло часами неподвижно висеть в вакууме. Что-то в этом чудилось мистическое, – признавал Будкер. – Так же ясно

**Работы по «термояду» начались в 1951 г. У физиков была уверенность, что они решат эту проблему с ходу, сразу. Будкеру было поручено обеспечивать регулирование будущего термоядерного реактора, чтобы тот не очень «разогнался» и не вышел из-под контроля. Позже Будкер говорил: «Это поручение напоминает мне сейчас историю о том, как некто хотел изобрести вечный двигатель и взял патент на то, чтобы тот не разогнался до бесконечных скоростей...»**

**После первой неудачной атаки на проблему ученые приступили к методическому накоплению знаний о свойствах плазмы – субстанции, оказавшейся невероятно капризной. Наивный оптимизм, настроение кавалерийского наскока, когда, казалось, еще немного – и «термояд польет рекой» (песня с этими словами пелась под гитару термоядерщиками), сменились горьким отрезвлением. С конца 1950-х гг. все силы были брошены на изучение плазмы. Именно в те годы была осознана вся сложность задачи и стало понятно, как далеко до ее решения**

я потом представил себе свечение встречных пучков. Сделали их – увидели: и вправду светятся!»

«Помню давний научный семинар в Женеве, – расскажет потом писатель-популяризатор Владимир Орлов. – ...Из формул, выводимых мелом на коричневой доске, возникал еще один, пока воображаемый объект, порожденный научной фантазией Будкера. Я заметил, как физик Раби из США, нобелевский лауреат, отшатнулся и зажмурил глаза. Он и впрямь увидел кольцо, магически повисшее в пространстве, излучающее грозное сияние».

**АКАДЕМИК Д. Д. РЮТОВ: БУДКЕР И «ТЕРМОЯД»**

Молодежь (в том числе и я), пришедшая в физику плазмы в конце 1950 – начале 1960-х гг., росла в условиях, когда приоритет был уже прочно отдан чисто физическим исследованиям. Каждодневно возникало множество интересных задач, связанных с «коллективными» свойствами плазмы, рождались новые физические идеи, кипели споры вокруг теории плазменной турбулентности... За всеми этими спорами, игрой красивых теорий, интерпретацией тонких экспериментов, конечная цель нашей работы оказалась почти забытой, и говорить о ней стало чуть ли не неприличным...

Наблюдая за ходом дел как бы со стороны, Андрей Михайлович в конце 1960-х гг. заметил то, что, по-видимому, ускользало от непосредственных участников работы, а именно что увлечение чистой физикой плазмы зашло слишком далеко и что накопленных знаний на самом деле вполне достаточно, чтобы плазмисты вспомнили о своих прямых обязанностях. Подходящий случай выступить с изложением этой точки зрения представился Андрею Михайловичу в связи с проведением в Новосибирске летом 1968 г. конференции Международного агентства по атомной энергии. В своем выступлении при закрытии конференции он, в частности, сказал: «Мне кажется, что успехи, достигнутые за прошедший период физиками в данной области, заставляют нас вернуться к идее создания термоядерного реактора. Физику не обязательно начинать дело только тогда, когда он будет знать все. Чтобы вступить в бой, ему не обязательно ждать, когда будет пришита последняя пуговица к шинели последнего солдата».

Теперь, когда мы знаем, как развивались события в дальнейшем (а на рубеже 1960–1970-х гг. в «термояде» действительно начался быстрый прогресс), его выступление кажется естественным и логичным, но тогда оно вовсе не казалось таким и вызывало у многих сильное внутреннее противодействие. Требовалась смелость, чтобы сказать так, как сказал Андрей Михайлович.

В том же выступлении Будкер коснулся еще одной стороны дела. Он сказал: «Проблема термоядерной реакции – это не обычная физическая проблема. Это проблема, которая должна преобразовать общество и мир. Наше поколение, которое дало людям атомную энергию и термоядерную энергию во взрывном виде, несет ответственность перед человечеством за решение основной энергетической задачи – получение энергии из воды. Люди ждут решения этой проблемы. Наш долг – решить ее при жизни нашего поколения, и поэтому мы должны вступить на этот путь».

*По: Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания, 1988)*

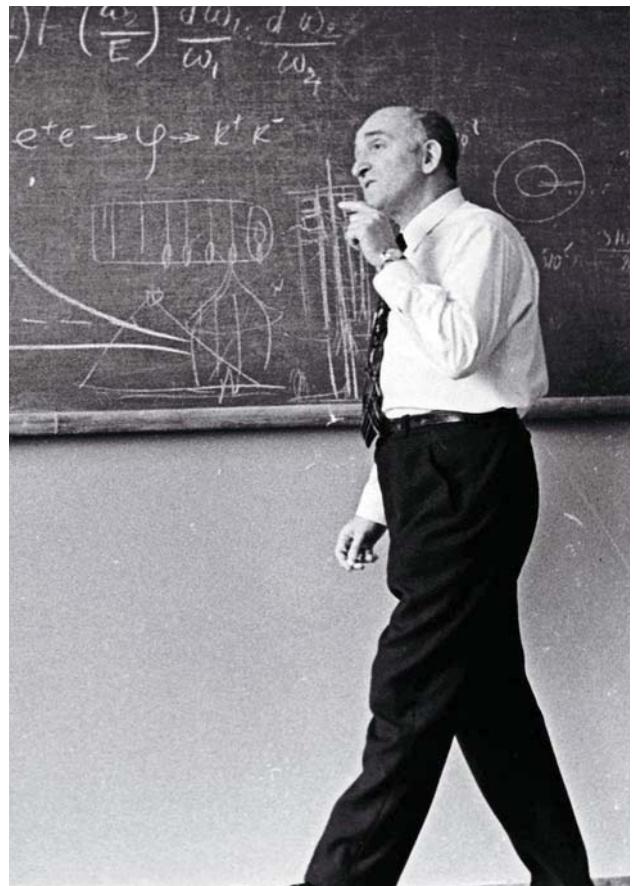
Будкер назвал его «стабилизированным релятивистским пучком». Сплетенное из мчащихся с околосветовыми скоростями электронов и ионов, прочно спаянное их взаимным притяжением, это образование стягивается в упругую нить не толще человеческого волоса.

Если закольцевать этот бесплотный, невесомый (меньше миллиардной доли грамма!) поток частиц, он сможет работать не хуже мощных тысячетонных магнитов современных ускорителей!

Исследователи и сегодня все еще мечтают о плазме с температурой сто миллионов градусов. А эта изящная конструкция из релятивистской материи – «пучок Будкера» – сулила океан энергии.

Интерес к стабилизированному пучку был столь велик, что Будкер едва успевал выступать с докладами. На одном таком докладе произошел курьезный случай, о котором Андрей Михайлович вспоминал всю жизнь.

В проходах, на подоконниках – возбужденная молодежь. Ближе к докладчику – видные ученые, солидная публика. Один известный академик (он сел в первый ряд, чтобы лучше слышать) спрашивает буквально о каждой мелочи. Сначала докладчик отвечает толково,



ВЭП-1, первый ускоритель на встречных электронных пучках, состоял из двух колец радиусом всего 43 см. Однако по энергии взаимодействия он был эквивалентен классическому ускорителю на 100 млрд эВ. Такой энергии не давала ни одна из существующих в то время установок. *Фото М. Бульонкова*

**Столкнуть пучки частиц, бешено мчащихся навстречу друг другу, трудно.**

Представьте себе двух мелких стрелков из лука. Один – Робин Гуд – стреляет с Земли, другой – Вильгельм Телль – целится со спутника Сириуса. Они выпускают стрелы одновременно, и те должны столкнуться острием в острие.

Задачу примерно такой же сложности решил будкеровский коллектив, заставив столкнуться в ускорителе пучки элементарных частиц, летящие навстречу друг другу почти со скоростью света... При решении этой задачи, – говорил Будкер, – центр ее тяжести перемещается с министерства финансов на плечи ученых. На одной чаше весов – непомерная стоимость мощных ускорителей классического типа. На другой – огромные интеллектуальные затраты, которые требуются для создания установок со встречными пучками. Усилия ученых у него всегда перевешивали



дельно. Но поток вопросов не иссякает. Он начинает нервничать, сбиваться. А голос вопрошающего настаивает его безжалостно и методично. Будкер наконец не выдерживает: «Известно, что один человек может задать столько вопросов, что сто мудрецов не ответят!»

В зале внезапно застывает тишина. Вдруг в задних рядах кто-то прыснул. Еще один...

Будкер похолодел, он понял, что в запальчивости обидел человека: переиначил известную поговорку о глупце.

Зал хохотал. Академик Арцимович, председательствующий – надменно поднятая голова, побледневшее от гнева лицо, – приносит извинения уважаемому ученому: «Вы же знаете невоспитанность Будкера...»

Через двадцать лет эта теоретическая работа будет зарегистрирована официально как открытие нового явления природы.

Г. И. Будкер. 1969 г.  
*Фото А. Зубцова*

на стр. 71

### АКАДЕМИК А. Н. СКРИНСКИЙ: НА ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКАХ

Встречные пучки как практический путь к сверхвысоким энергиям взаимодействия только-только начали обсуждаться в середине 1950-х гг., причем абсолютное большинство физиков рассматривало их как дело неопределенно далекого будущего. В то же время во многих лабораториях мира появились энтузиасты этого метода, которые в качестве первого этапа рассматривали именно электрон-электронные встречные пучки, во-первых, потому, что для этих легких частиц уже при скромных энергиях в сотню мегаэлектронвольт ярко проявляются преимущества метода, а во-вторых, потому, что для накопления пучков необходимой интенсивности с малым поперечным размером можно было использовать незадолго до того «осознанное» радиационное охлаждение. Кроме того, только что появились данные, что в электрон-протонном упругом рассеянии закон взаимодействия отличается от кулоновского взаимодействия точечных зарядов, и нужно было подтвердить, что за это ответственна протяженность протона (то есть доказать справедливость квантовой электродинамики на малых расстояниях, соответствовавших энергии встречных электронных пучков в сотни мегаэлектронвольт).

Взялись за встречные пучки многие, в том числе и в нашей стране, но к успешному финишу – осуществлению экспериментов по электрон-электронному рассеянию – пришли одновременно только два центра – Стэнфордский университет (США) и образованный на базе лаборатории Будкера Институт ядерной физики в Новосибирске.

Но это было уже в 1965 г., когда прошло много лет, самых сложных и, по моему восприятию, самых тяжелых лет становления и «выхода в люди» нашего коллектива. При этом яркие идейные, изобретательские и результативные взлеты совмещались с фантастическим несоответствием наших намерений и внутренних решений реальным достижениям как по срокам, так и по параметрам...

Многие начинавшие вместе с нами отчаялись и ушли, тем более что работа была связана с переездом из Москвы, из прославленного Института атомной энергии, в Новосибирск, в несуществующий, совершенно «негарантированный» институт, к тому же при упомянутом вопиющем противоречии намерений и решений с реальными результатами. То, что я, в частности, устоял несмотря на сомнения и соблазны в те годы, считаю одним из главных своих моральных достижений. И только начиная с 1963 г. я почувствовал, что мы «донырнули до дна» и действительно сможем справиться с поставленными нами задачами.

По: (Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания, 1988)



**«Средний уровень в науке неустойчив, – рассуждал Андрей Михайлович. – Если мы не пойдем на пределе возможностей, – мы отстанем, скатимся вниз. Если мы не сделаем все, чтобы быть первыми, мы станем плохим институтом. Сейчас встречные пучки – достижение, а что будет завтра? Надо уже сегодня искать ускоритель, который будут строить те, кто только начинает свой путь в науке»**

Г. И. Будкер с президентом АН СССР академиком А. П. Александровым и др. 1977 г. Фото В. Петрова



В ускорительном туннеле коллайдера ВЭПП-4. Видны фокусирующие (красные) и дефокусирующие (синие) магниты вокруг вакуумной камеры, в которой движутся пучки элементарных частиц



Комплекс ВЭПП-2М работал в диапазоне энергий 0,4–1,4 ГэВ.  
Слева: БЭП, накопитель электронов/позитронов на энергию до 900 МэВ  
Внизу: поворотный магнит ускорителя ВЭПП-2М в музее ИЯФ СО РАН



### ЧЛ.-КОРР И. Б. ХРИПЛОВИЧ: УРОКИ ДОБРОТЫ

Андрей Михайлович сохранил до конца жизни удивительную человеческую мудрость и редкостный дар физика. И все же мне чаще вспоминается не тот седобородый человек, уже отмеченный печатью тяжелой болезни, который изображен на фотографиях последних лет. Вспоминается плотный крепыш, дышащий уверенностью и энергией. Таким я увидел Андрея Михайловича впервые летом 1959 г. на Киевской конференции по физике высоких энергий. Увидел его и сразу угадал (он не носил табличку с фамилией), что это и есть Будкер, о котором я уже тогда много слышал...

Андрея Михайловича неизменно тянуло к большим, трудным задачам: стабилизированный пучок и термоды, встречные пучки и электронное охлаждение. Далекое не все удавалось ему, но одно мне кажется несомненным. Если кому и под силу такие задачи и в таких условиях, то отнюдь не тем трезвым скептикам, которые много раз (и порой не без основания) критиковали Андрея Михайловича, они под силу разве что энтузиастам, подобным Будкеру.

Не раз вспоминаются его слова: «Неправильных решений у задачи много, а правильное лишь одно. Поэтому найти его можно, только если хочешь решить задачу».

Удивительная жизнерадостность Будкера: «Оптимисту живется лучше. Он радуется дважды: когда задумывает дело и когда оно получается, а пессимист, в лучшем случае, раз — если дело у него получится». Чуть наивная гордость: «Я признаю лишь один вид воровства в науке. Это когда воруют у меня». Непримириемость ко всякому формализму: «Оценка научной деятельности не может быть формализована. Как только вводится новый формальный критерий оценки, тут же находится способ, как его обойти». «Профессия теоретика не сводится к тому, чтобы складывать и умножать». Презрительный отзыв об одном из теоретиков: «Цирковая собака-математик». Однажды увидел у нас на доске слова Стеклова: «Интуиция идет поверх всякой логики». Очень обрадовался, но не преминул сказать: «Вы же не понимаете, насколько это верно».

Андрей Михайлович бывал порой очень резким, но ему можно было ответить тем же, начальник в нем при этом не просыпался. Он иногда обижался, как ребенок, но «никогда не мстить» было одним из его правил. И не только по отношению к противнику в словесной перепалке.

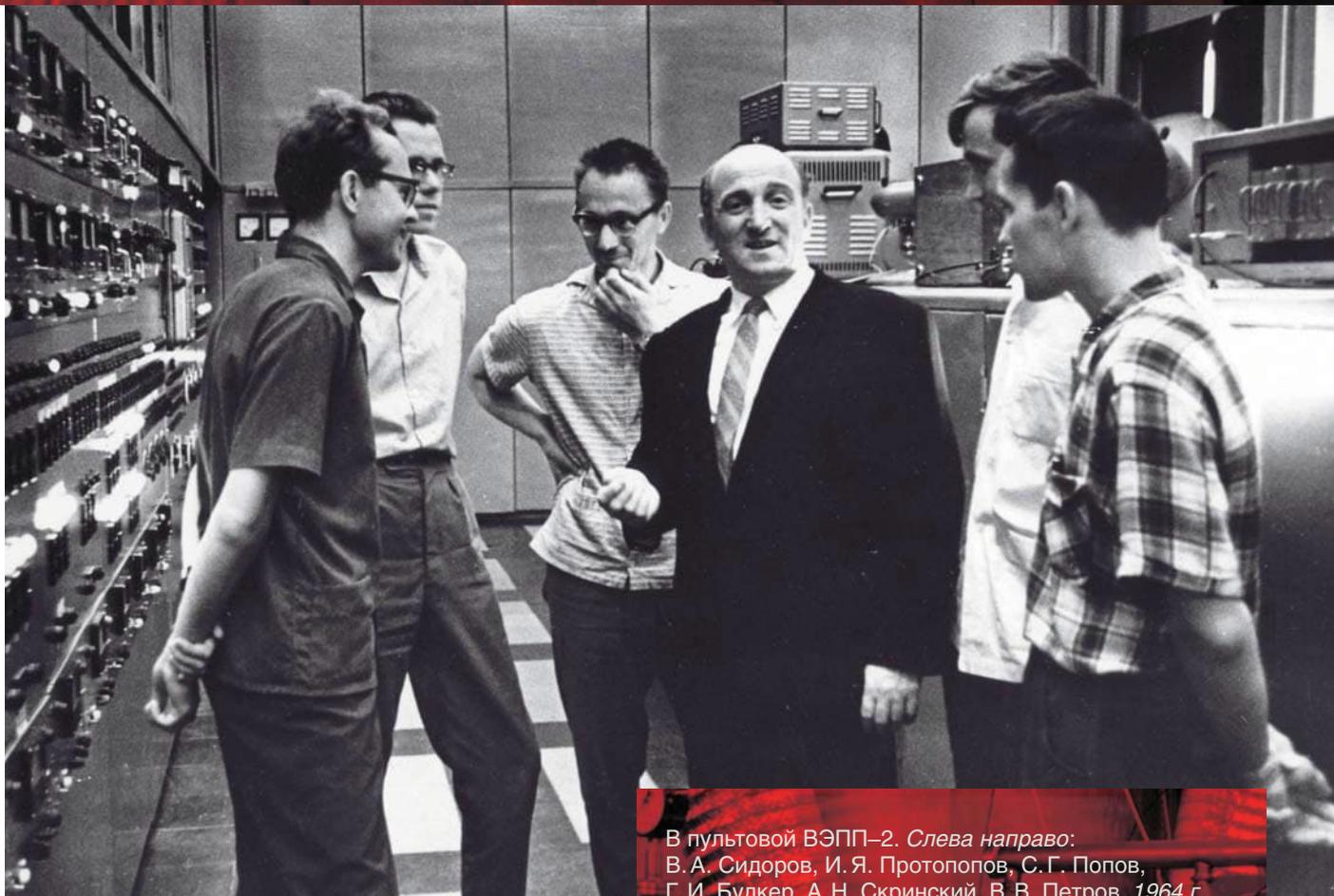
Надо признаться, когда я стал в 1959 г. аспирантом Будкера, наши отношения никак нельзя было назвать безоблачными. Я без особой охоты занимался ускорительными задачами, которые ставил Андрей Михайлович, меня тянуло к другой области физики. Реакция Будкера на недостаток рвения (или той же увлеченности) бывала бурной. Но лишь спустя много лет, уже имея собственных аспирантов, я смог



оценить ту терпимость, с которой в конечном счете отнесся тогда Андрей Михайлович ко мне, упрямому юнцу...

Но не только яркими человеческими качествами объясняется то, что Будкер смог создать большой и очень сильный научный коллектив. Есть еще одна причина успеха: он считал совершенно необходимым заниматься воспитанием того, что несколько условно можно было бы назвать «духом института». Андрей Михайлович был реальным руководителем — решительным, властным, а временами и жестким. Однако, даже приняв решение, он не жалел ни времени, ни сил для того, чтобы убедить сотрудников, ученый совет в правильности этого решения, и обычно достигал цели. Впрочем, бывало и так, что, считаясь с мнением сотрудников, Андрей Михайлович свое решение менял. В результате мы не просто задумывались над осаждающимися вопросами, а возникало ощущение своей реальной причастности к решению судеб института. И, наверное, не случайно из ИЯФа вышло столько руководителей крупных научных организаций разного профиля, предмет полушутливой-полусерьезной гордости института.

По: (Академик Г.И. Будкер. Очерки. Воспоминания, 1988)



В пультовой ВЭПП-2. Слева направо:  
В. А. Сидоров, И. Я. Протопопов, С. Г. Попов,  
Г. И. Будкер, А. Н. Скринский, В. В. Петров. 1964 г.  
Фото Р. Ахмерова

Реализацией идеи стабилизированного пучка занялись в лабораториях разных стран: пучок сулил революционные перемены в термояде, в проблеме передачи энергии на большие расстояния, в создании ускорителей.

«Как много дел считались невозможными, пока они не были осуществлены». Эти слова Плиния Старшего сказаны как будто о трудах и днях Будкера.

Что отличало его как ученого? Теоретик или экспериментатор? Один из его учеников – член-корреспондент АН СССР В. А. Сидоров – ответил так: «Будкер был истинным физиком. Узкая специальность – фантазер».

Он придавал огромное значение интуиции, этой логике чувств.

– Нередко думают, – говорил Андрей Михайлович, – что наука – это цепь строгих доказательств. Между тем они появляются лишь тогда, когда эксперименты закончены. Их результаты записываются в виде четких выводов. Сам же научный процесс никогда не бывает формальным, он всегда творческий. Я часто советую своим ребятам: «Послушайте, что и как говорят художники. Учитесь у них».

**«В настоящем научном коллективе, – говорит академик А. Н. Скринский, преемник Будкера, – формируется и отчетливо выделяется индивидуальность каждого исследователя. Для Андрея Михайловича не было толпы. Он видел и понимал каждого в отдельности. И в каждом умел разглядеть и пробудить лучшее. Там, где в основу жизни коллектива положены моральные принципы, как правило, возникает научная школа. Успех новосибирской школы физиков во многом обязан нравственному климату»**

«Будкер ощущал физику не в виде серии формул или исторической последовательности открытий, – сказал мне академик Р. Солоухин, – а как художник, смешивающий краски. Это была стихия, которую трудно объяснить словами...»

«Он всегда отрицательно относился к попыткам возврата к “старому доброму времени” классической физики. Вместо этого он сумел развить свое воображение

### Д.Ф.-М.Н. А. П. ОНУЧИН: БОЙ БЮРОКРАТАМ

Силу Круглого стола Андрей Михайлович видел в том, что в Институте созданы условия, где самые сложные вопросы обсуждаются гласно. Директор в любом случае принимает решение. Но при отсутствии Круглого стола он получает информацию в разговорах с отдельными сотрудниками или от аппарата. А в этом случае информация сильно искажена активностью или пассивностью сотрудников. Особенно опасны «активные» сотрудники, поскольку они не только сами зайдут к директору, но еще попросят зайти к нему «случайно» других сотрудников, повлиять на мнение директора. Андрей Михайлович непрерывно боролся за то, чтобы вспомогательные службы Института были минимальными. Они должны делать только то, что жизненно необходимо физикам. Отдел кадров, бухгалтерия, канцелярия, аппарат ученого секретаря, если они будут большими, создадут такую систему учета, контроля, приемных часов и т. д., то есть такую бюрократию, что физик в своем институте перестанет чувствовать себя главным лицом, будет тратить массу времени впустую. В нашем Институте и по сей день планово-экономический отдел состоит из одного человека, а для того чтобы выписать пропуск гостю в Институт, достаточно звонка заведующего лабораторией.

По: (Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания, 1988)

### К.Ф.-М.Н. В. И. КОГАН:

«А. М. хорошо знал цену бюрократизму. Не раз он говаривал, что если бы всех бюрократов отстранить от дел, даже переселив на Черноморское побережье с сохранением полного государственного довольствия, то от одного лишь этого воспоследовала бы неисчислимая польза для народного хозяйства и науки»

настолько, что теория относительности и квантовая механика, которые он понимал тонко и глубоко, стали для него не просто понятными, но естественными и наглядными, стали теориями, с которыми можно работать», – так говорилось в статье, опубликованной к 60-летию А. М. Будкера в «Успехах физических наук». Ее авторы – академик А. П. Александров и другие физики. <...>

## Ракурс третий. С коллективом...

Когда в Институте атомной энергии решили открыть новую лабораторию для создания установок со стабилизированным пучком, остро встал вопрос о ее руководителе.

Как случилось, что Будкер – «чистый» теоретик – решился возглавить группу экспериментаторов и инженеров? Понимал ли он сам, что делает главный шаг в своей жизни? Почти всем, в том числе и близким друзьям, это казалось очередным будкеровским сумасбродством.

«Многие не понимали Курчатова, – вспоминает И. Н. Головин, – поставить во главе коллектива человека с нулевым организационным опытом, да еще такого странного? Этот чудака бродил по коридорам института и донимал всех разговорами то о «карманном» ускорителе, который непременно должен уместиться на столе, то об особенностях архитектуры современных «храмов науки», то о том, что в слаженной волейбольной команде играть надо на гасящего (он был капитаном институтской сборной), то он вдруг увлекся легендарными рыцарями короля Артура и их круглым столом...»

В подтверждение того, что Будкера никак нельзя назначить руководителем, приводили разные аргументы, даже курьезные. Один очень уважаемый ученый сообщил, что он просил Будкера помочь ему снять дачу, но толку от того не было никакого... И вообще может ли стать во главе экспериментаторов человек, не умеющий забить молотком гвоздь?!

Но Курчатова был дальновидней...

«Стремительное появление Будкера поляризовало общественное мнение физиков, – вспоминает академик Я. Б. Зельдович. – Одни говорили о ярком и талантливом человеке, другие его же называли прожектером и чуть ли не местечковым нахалом – «легко писать формулы, а вот ты попробуй сделать то же».

Яркое воспоминание: говорим о Будкере с двумя весьма почтенными академиками из ЛИПАНа («Лаборатория измерительных приборов» – так назывался тогда Институт атомной энергии). Академики придерживаются противоположных точек зрения. И в течение десяти минут мне приходится (буквально) держать одного из них, более физически слабого, за руки, чтобы спор не перешел в вульгарную драку. Решающими были не словесные аргументы. Решающим оказалось создание Института ядерной физики в Новосибирске».

– Я сразу согласился на предложение Игоря Васильевича работать в Сибири, – рассказывал Будкер, – хотя он и посоветовал мне подумать до утра. Мне достаточно было и пяти минут. Я давно хотел уехать из столицы, начать большое дело без оков научных традиций и предрассудков. Это так важно и так трудно – освободить свою психику от этого груза. В детстве меня бабушка заставляла выучить Ветхий Завет. Мне запало в память: Моисей водил свой народ по Синайской пустыне сорок лет. Когда я вырос и посмотрел на карту, то увидел, что пустыня эта – крохотный пятачок, там негде да и незачем ходить сорок лет. Эти годы



Заседание Ученого совета СО АН СССР.  
Фото А. Полякова

понадобились пророку, чтобы вытравить из людей дух рабства, чтобы вымерло поколение рабов...

«Акт творения» Института ядерной физики начался с провозглашения культа научного работника. Это главная фигура, считал Будкер, центр мироздания. Все службы, весь административный аппарат, включая самого директора, должны быть обращены лицом к научному сотруднику. Первая опора института – наука. Вторая – мобильное производство, способное быстро воплотить любую, самую дерзкую техническую идею.

Многие недоумевали: к чему это в академическом институте?

– Нам часто говорят, что мы работаем по-новому, – отвечал им на это Будкер. – На самом деле мы вернулись к добрым старым временам, когда физики делали свое оборудование сами.

Он объяснял: «Наш принцип – не повторять работы других. Мы отвергаем гонку за лидером. Единственный способ конкуренции – соперничество свежих идей».

Друзья смеялись: изобретательность Будкера не знает пределов – на висках седина, а бороду после инфаркта сумел отрастить рыжую. Но если говорить серьезно, возможно, наиболее эффективное изобретение Будкера – его «круглый стол». Инструмент, с помощью которого удалось из обыкновенных людей создать один из самых необыкновенных творческих коллективов.

Когда Андрей Михайлович предложил ученому совету собираться каждый день и сообща решать все проблемы института, у большинства его сотрудников это не вызвало энтузиазма. Отрывать время от работы для ежедневных разговоров и обсуждений казалось расточительством. Будкер не настаивал и не давил. Сказал: «Пусть приходит, кто хочет. Попробуем. Не понравится – отменим». Но он знал точно – понравится!

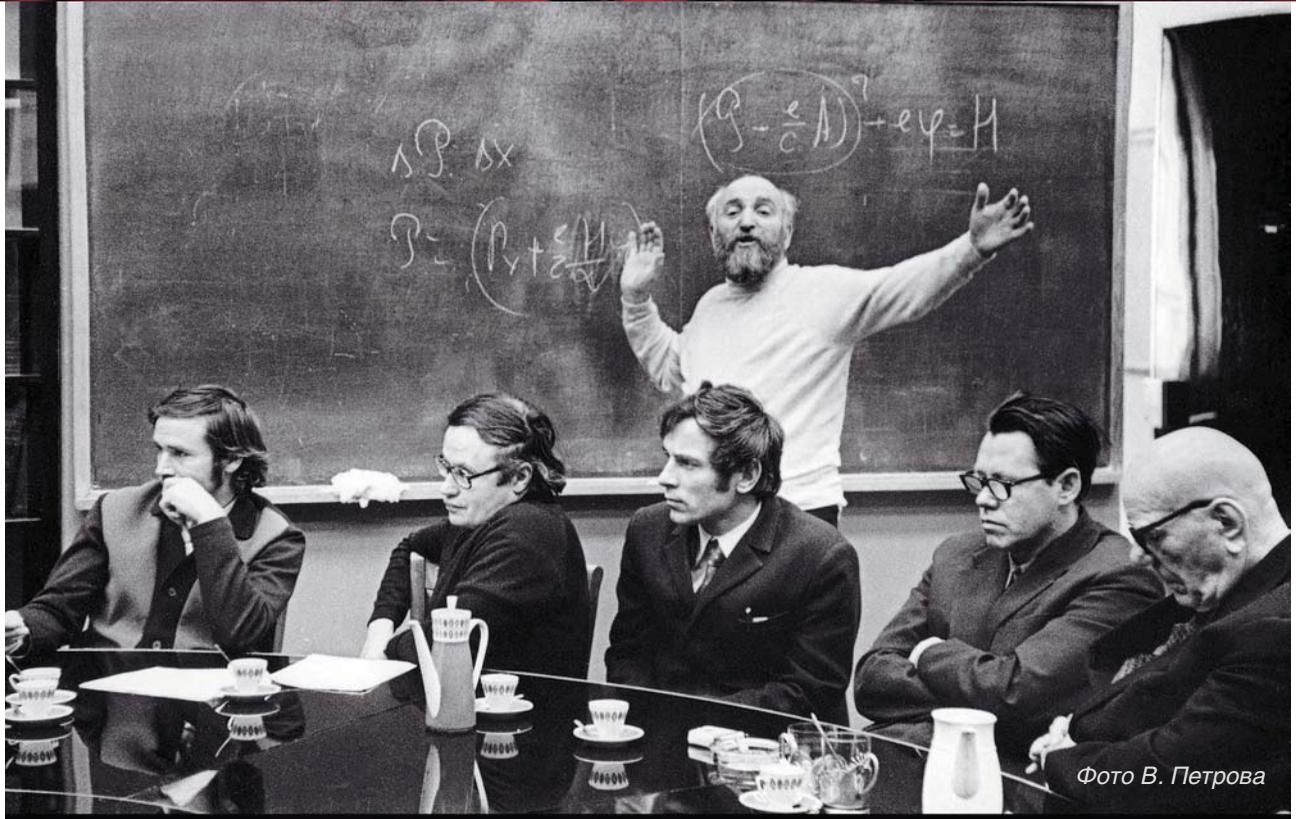


Фото В. Петрова

Будкер думал вслух. Он любил и умел это делать. Собеседники вдохновляли его на блестящие импровизации. Ученики, постоянно подтрунивавшие над ним, назовут этот способ работы «беседы Сократа». Самые интересные свои идеи он приносил на круглый стол. Мысль каталась по его черной зеркальной поверхности, словно шар – ее можно было рассмотреть со всех сторон. Здесь она оттачивалась и шлифовалась, приобретая завершенную форму. И сегодня сотрудникам института кажется, что большой круглый стол, покрытый черным пластиком, в зале ученого совета стоял всегда. Без него им невозможно представить свою жизнь.

– Науку делают специалисты, и они лучше знают, как ее делать и как ее организовать, – утверждал Будкер. – Из опыта моего учителя Игоря Васильевича Курчатова я извлек важнейший урок – в успехе атомной проблемы в нашей стране решающую роль сыграло то, что среди организаторов этого огромного дела оказался выдающийся физик-ядерщик и что среди физиков-ядерщиков оказался блестящий организатор...

Курчатов требовал, чтобы на научные совещания приглашали и административных работников, людей, казалось бы, далеких от научной задачи. Поначалу это многим казалось излишним, тратой времени. А потом стало ясно: Курчатова обучал людей быстро понимать друг друга. Когда есть общий язык – дело движется

неизмеримо быстрее, без лишнего шума, как по рельсам без стыков.

За круглым столом обсуждаются проекты новых установок и эксперименты на них, размещение заказов в производственных мастерских и распределение жилья, политические новости и театральные премьеры. Все, чем живет институт и его люди. Неважных дел нет.

Иногда обсуждения проходят долго, мучительно. Но если решение принято, то принято оно единогласно. И выполняет его каждый. За круглым столом вырабатывается общая точка зрения.

Факт существования в институте такого неформального органа, где можно решить все, и есть главный импульс для создания настоящего научного коллектива. Это школа товарищества. Здесь рождалось братство...

Он постоянно повторял, что творческим научным коллективом должны руководить ученые. Их мнение – решающее. Важно, чтобы и директор, и остальные подразделения института узнавали это мнение не из отчетов бумаг, резолюций и выступлений с трибуны, а в прямом неформальном общении. Наука и бюрократизм несовместимы!

– Если аппарат обращен лицом к директору, нетрудно догадаться, что ко всем остальным он повернут спиной, – шутливо объяснял Будкер. – А кто же эти

**Андрей Михайлович говорил:**

**«В науке много возможных путей, и заведомо не годится лишь тот, по которому прошли другие. Хорошая наука – всегда открытие».**

**«Иногда полезнее не знать, что сделано до тебя, чтобы не сбиться на проторенный путь, ведущий в тупик».**

**«Когда придумываешь что-то сам, то высок шанс ничего не придумать. Но когда живешь чужим умом, то уж точно ничего не сделаешь. Никогда не делай того, что делают другие. Это на сто процентов обрекает на неудачу».**

**«Физику не обязательно начинать дело только тогда, когда он будет знать о проблеме все, – утверждал Будкер. – Чтобы достичь цели, надо отправиться в путь. На это могут возразить: как же можно начинать, если нет новых идей? Но идеи неизбежно появятся в процессе работы». И он вновь повторял свой любимый афоризм о софисте, который утверждал, что не залезет в воду, пока не научится плавать**

остальные? Ученые, исследователи – главные люди в научном обществе!

Поэтому между собой и аппаратом он поставил верховную власть в институте – совет ведущих научных сотрудников. Аппарат оказался в позиции – лицом к совету! <...>

Будкер твердил: «Смертельно опасна для науки система мелочного конкретного руководства исполнителем – это все равно что, пригласив художника рисовать свой портрет, взять его руку и фактически своей рукой водить его кистью по холсту».

Окна в ИЯФе светились ночи напролет.

Когда жены сотрудников жаловались на катастрофическую занятость своих мужей, Будкер их утешал: «Помните: вы жены моряков. И радуйтесь, что институт – единственный порт, в который они заходят...»

Свои представления о принципах руководства коллективом ученых и деятельности руководителя Будкер так обрисовал в интервью корреспонденту «Литературной газеты»:

«Когда-то я думал, что хороший руководитель, как и хороший шахматист, продумывает очень большое количество ходов вперед, и в этом их сила. Однако и в шахматах, и в науке главным оказывается создание выигрышных позиций. Это позиции кадровые, нравственные, материального обеспечения исследований.

Если вы правильно подберете и расставите людей, при этом они будут стремиться к взаимному сотрудничеству в интересах дела и даже в каком-то смысле к любви – этой великой силе, преобразующей мир не только в обычных человеческих отношениях, но и в отношениях научных, если вы уберете все, что мешает нормальным отношениям, укрепите коллектив материально и правильно определите тематику, результаты будут получаться сами собой.

Разумеется, когда подходит конечный момент реализации этих выигрышных позиций, как и в шахматах, нужно продумать какие-то умные комбинации и рассчитать на несколько ходов вперед, но это, как говорится, может сделать даже вычислительная машина.

Жизнь – не шахматы, позиции в ней много сложнее. В шахматах требуется только разум, в жизни – еще многое другое: добрая воля, обаяние руководителя, его личное влияние.

Когда смотришь со стороны на деятельность какого-то научного коллектива, видишь лишь эти последние комбинации, заключительные ходы, а все остальное – то есть главное: процесс создания позиций – не видно. Я наблюдал не раз: приходит новый руководитель на хорошее дело, но это человек, способный лишь формально-логически осмыслить последние результативные ходы. Он и начинает с результатов, а не с укрепления и расширения основных позиций. И коллектив неизбежно становится менее результативным.

Поэтому в каждый данный момент надо следить за тем, чтобы выигрышные позиции восстанавливались и расширялись – в этом мудрость руководителя и сила коллектива.

Конечно, в создании позиций ведущую роль играет талант отдельных ученых. В конечном счете наука, как футбол: играют все, а гол забивает один. В науке голы забивают одиночки. Но если не будет основной слаженной команды, этим одиночкам не придется забивать свои голы. Все важно – и материальное обеспечение, и структура коллектива, но главное – то, что объединяет коллектив в единое целое».

## Ракурс четвертый. С будущим...

Мысль, к которой он не раз возвращался: «По своему соответствию духу времени все великие открытия и достижения бывают своевременными, запоздалыми и преждевременными».

Сопоставив момент появления открытия с возможностями времени, можно установить, соответствует ли оно уровню науки и техники или нет.

Пример своевременного свершения – освоение космоса.

**Академик Р. З. Сагдеев: «Однажды меня попросили открыть конференцию молодых ученых (к ним относят исследователей в возрасте до 33 лет) и сказать им напутственное слово. Я сразу вспомнил отношение Будкера к этому понятию – “молодой ученый”: “Меня можно обвинить в чем угодно, только не в том, что я притесняю молодежь”, – шутил Андрей Михайлович. В созданном им институте работали самые молодые академики, средний возраст членов ученого совета равнялся 30 годам. Двадцатипяти-тридцатилетние исследователи защищали докторские диссертации... Открывая конференцию, я рассказал нашей молодежи, как более двадцати лет назад, примерно в их возрасте, я, переполненный энтузиазмом, пришел к Андрею Михайловичу – как представитель только что созданного Совета молодых ученых Сибирского отделения академии. Будкер внимательно посмотрел на меня и сказал: “Ученые делятся не на молодых и старых, а на умных и дураков!”»**

Психологически человечество было подготовлено к нему давно. Этому способствовали фантастические романы – в них уже в прошлом веке подробно описывали космические полеты. Мнения фантастов подтверждались и серьезными научными прогнозами. Истоки ракетной техники, как известно, уходят в глубокую древность. Пороховые ракеты для фейерверков изготавливались в Китае еще в X в., позже ракеты появились в Европе и в России. Вначале сигнальные и артиллерийские ракеты, потом управляемые снаряды и реактивная авиация, современные баллистические и сверхмощные космические ракеты и, наконец, спутники – таков путь развития. Подготовленное технологически и психологически, человечество шаг за шагом продвигалось в космос. Вот пример великого своевременного свершения. <...>

Пример преждевременного открытия – атомная энергия.

Незадолго до открытия процесса деления ядер урана, т. е. до открытия возможности использования атомной энергии, академик Абрам Федорович Иоффе, ученый необыкновенно прогрессивный, скорее мечтатель, нежели скептик, утверждал, что о практическом использовании атомной энергии речь может идти только через сто лет.

Общество было совершенно не подготовлено психологически к освоению возможностей атомной энергии. Даже в фантастических романах доатомной эры вы почти не найдете и намека на идею использования ядерной энергии, да и вообще внутренней энергии вещества. Наука была тоже не готова: не было теории атомного ядра, а теории ядерных сил, к стати, нет и поныне. Но атомная энергия все-таки родилась. Эти преждевременные роды вызвала Вторая мировая война. О том, что процесс этот был, в сущности, неестественный, говорят и расходы, связанные с решением научных проблем получения атомной энергии: впервые в истории науки они стали сопоставимы с национальным доходом самых развитых стран мира! Да ведь и потребности в атомной энергии общество в то время по-настоящему не испытывало. Лишь сейчас наступила пора определенной зрелости, только теперь человечеству стало по силам заниматься этой проблемой. Атомная энергия появилась на свет на несколько десятилетий раньше, чем ей полагалось, но дитя родилось, выжило и начало расти не по дням, а по часам.

Атомные исследования давно уже окупили себя и в научном, и в чисто экономическом плане. Более того, это открытие резко ускорило темпы развития науки, революционизировало все другие области знаний. Значительных успехов достигла благодаря этому и техника.

Никогда раньше человечество не сталкивалось с задачами, сравнимыми по грандиозности с атомом. А если и сталкивалось, то отступало перед сложностью целого комплекса проблем, когда не ясно, какова их очередность и иерархия, на что в первую очередь нацеливать умы и на что давать деньги, как сводить воедино результаты и за кем должно быть последнее слово в проектах, стоящих миллиарды.

Но именно благодаря опыту, накопленному при решении атомной проблемы и ее революционизирующему воздействию на все направления науки – организационному, психологическому, технологическому, – оказалось сравнительно легко в дальнейшем добиться успехов и в освоении космоса, и в лазерной технике, и во многом другом...

«Опыт истории показывает, – говорил Будкер в интервью “Неделе”, – что развитие науки состоит в том, что она снимает запреты. Был запрет на саму мысль делимости атомов. Оказалось, они делимы. Считалось, что человек не может оторваться от Земли. Он оторвался. Был такой закон: масса продуктов до реакции равна массе продуктов после нее. Оказывается, ничего подобного. Если же наука не может снять запрета, она показывает путь в обход. Поэтому можно ожидать, что невозможное окажется возможным». <...>

Мысль его работала на границе мечты и фантастики, и она обладала замечательной взлетной силой. Легко покидая пределы Земли, она, тем не менее, всегда стартовала с нашей планеты и неизменно на нее возвращалась. Он грезил космосом, уговаривал Сергея Павловича Королева включить его в состав экспедиции на Луну.

Когда он заболел, то стал все чаще в мечтах улетать с Земли. Грустно и с надеждой спрашивал: «Что там, в медицине, скоро ли будут лечить сердца невесомостью?» Хотел предложить себя в качестве подопытного объекта врачам.

«Для полетов к далеким звездам вне Солнечной системы, – считал Будкер, – атомное топливо не годится. Антивещество – единственный из известных сегодня источников энергии – дает возможность развить скорость, близкую к скорости света. И тогда человечество сможет расселиться на расстояния столь большие, что даже сигналы, идущие со скоростью света, будут приходиться только через поколения. Страшно даже подумать о такой разобщенности, особенно людям нашего времени, меж которыми практически нет расстояний! Наука утверждает: нельзя двигаться быстрее света. А физики будущего, быть может, научат людей перемещаться из точки в точку за время меньшее, чем это нужно свету. Тогда перед человечеством откроется вся Вселенная. Однако это уже не прогноз, опирающийся на современную науку, а мечта: фантастика, волшебные сказки нашего времени...»

**О**сень. Воскресный день. Часами шагает он взад и вперед по тропинке в лесу. Вдыхает запахи остывающей земли. Сегодня выходной. Но он работает – пусть не в институте, а здесь, в лесу, на воздухе, в движении. Собеседники меняются каждые два-три часа, больше не выдерживают. Обсуждаются то проблемы «термояда», то электронное охлаждение, то промышленные ускорители, то физика высоких энергий. Собеседники меняются.

Будкер – один на всех.

Перед домом растет кедр, посаженный им в год переезда в Сибирь. Андрей Михайлович непременно подводит к кедру очередного собеседника, заставляет потрогать длинные зеленые иголки. Радует и гордится: кедру еще жить и жить.

А следующей осени он уже не увидит...

*В публикации использованы материалы из фотоархива ИЯФ СО РАН*



#### *Литература*

*Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания / Отв. ред. А. Н. Скринский. Академия наук СССР, Сибирское отделение. Новосибирск: Наука, 1988. 187 с.*

*Беляев, С. Т. Сидоров В. А., Чириков Б. В. Герш Ицкович Будкер (К пятидесятилетию со дня рождения) // Успехи физических наук. 1968. № 3(96). С. 569–571.*

*Ибрагимова З. М. Золотая долина Сибири. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1982. 126 с.*

*Мелик-Пашаева А. А. М. Будкер в четырех ракурсах // Пути в неизвестное. Писатели рассказывают о науке. М.: Советский писатель, 1988. Сб. 21. С. 282–319.*

*Скринский А. Н. Рыцари круглого стола // «НАУКА из первых рук». 2006. № 1(7). С. 26–37.*

*Скринский А. Н. ИЯФ вырос из леса вместо грибов // «НАУКА из первых рук». 2017. № 2/3(74). С. 36–49.*

# Алмазные Судьбы

## К 110-летию со дня рождения академика Владимира Степановича Соболева

В 1931 г. он умудрился не погибнуть, собирая образцы вулканических пород в одиночных маршрутах в глухой приполярной тайге на р. Нижняя Тунгуска во время работы в составе ЦНИГРИ\*. Вернулся домой, изучил и обобщил материалы, собранные десятком геологов не только по р. Нижняя Тунгуска, но и по всей северо-западной части Сибирской платформы, и в 28 лет опубликовал написанную значительно раньше работу, которая стала основой для развития всей теоретической и экспериментальной науки о базальтовых расплавах. По словам академика РАН Н. Л. Добрецова, одной книги «Петрология траппов Сибирской платформы» было бы достаточно, чтобы вписать имя академика Владимира Степановича Соболева в историю, но он написал еще десяток книг, каждая из которых повлияла на развитие наук о Земле в России и мире.

Работа, выполненная в ЦНИГРИ, опубликована в 1936 г. в трудах Всесоюзного арктического института, вероятно, не только потому, что экспедиционные работы в 1931 г. проходили вблизи Северного полярного круга, но и потому, что в ней использовались обработанные автором обширные материалы известных арктических геологов: С. В. Обручева, Н. Н. Урванцева, И. Ф. Григорьева, В. Г. Дитмара, И. П. Толмачева, Г. Г. Моора и др.

110 лет со дня рождения академика В. С. Соболева, выдающегося ученого, родоначальника теоретической и экспериментальной петрологии и минералогии, геологии алмазных месторождений, отметили геологи Сибирского отделения, многих других институтов РАН, алмазодобывающей компании «АЛРОСА» и зарубежные коллеги, собравшиеся в новосибирском Академгородке

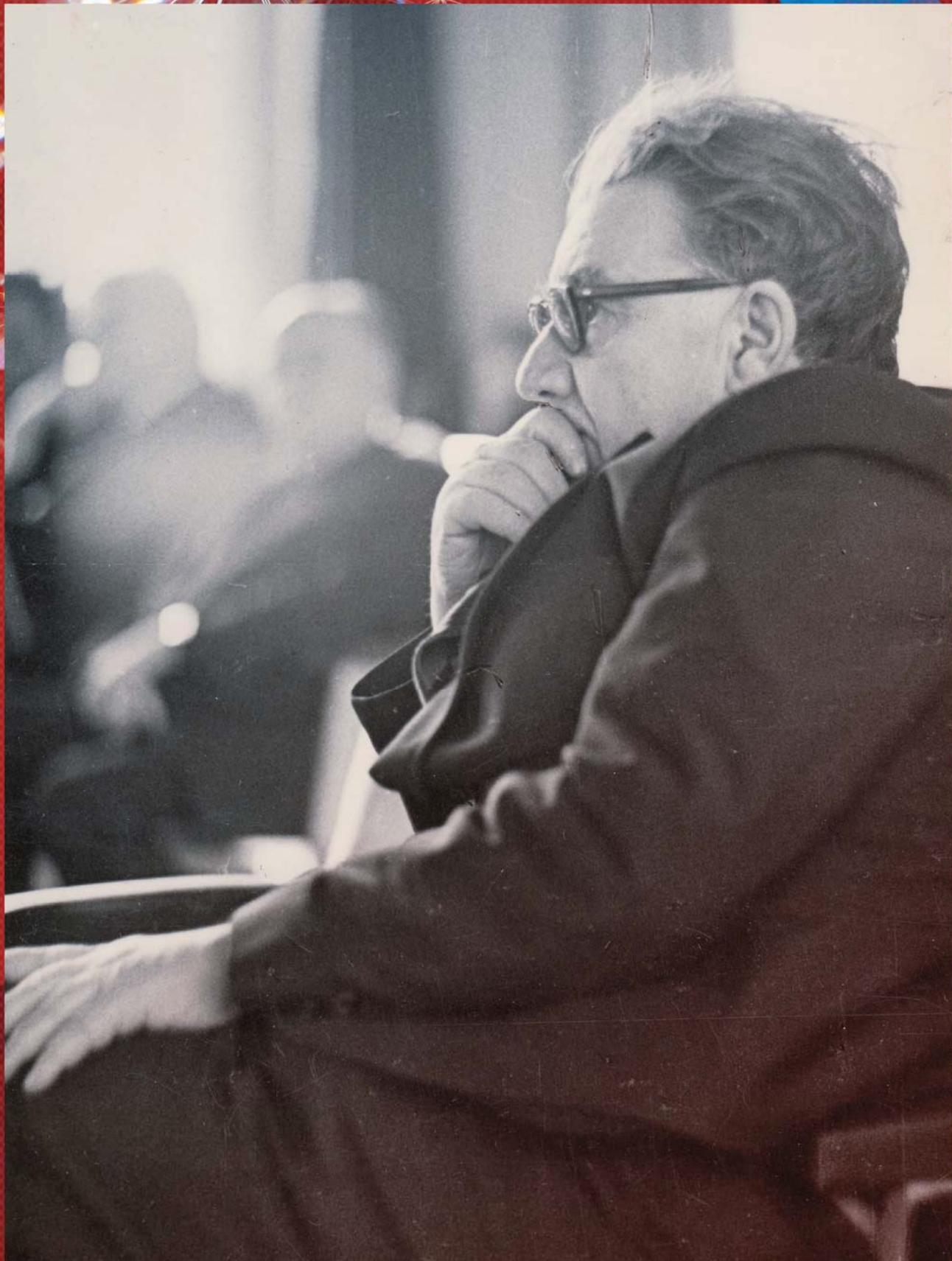
**Академик Владимир Степанович Соболев – Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки Якутской АССР, президент Международной минералогической ассоциации (1974–1978), почетный член ряда отечественных и зарубежных научных обществ**

\* Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов

Советская история поисков алмазов началась в 1938 г. с работ по сравнению геологии алмазоносных областей мира с геологией отдельных районов Советского Союза. Первым, кто сделал петрографическое описание огромных полей базальтов (*траппов*) Сибири и ассоциирующих пород, похожих на породы, связанные с кимберлитами Южной Африки, был молодой геолог Владимир Соболев. В 1941 г. по результатам работы он представил в ГЕОЛКОМ отчет, в котором говорилось о сходстве геологического строения Южно-Африканской (где алмазы были найдены еще в XIX в.) и Сибирской платформ. На основе отчета Владимир Степанович в своем докладе в Госплане в феврале 1941 г. первым дал прогноз алмазоносности Сибирской платформы и написал о необходимости поисков

**Ключевые слова:** Соболев В. С., алмазы, кимберлитовая трубка, Сибирская платформа, траппы, кимберлиты.

**Key words:** Sobolev V. S., diamonds, kimberlite pipe, Siberian platform, traps, kimberlites





Академик В. С. Соболев. 1968 г.

В. С. Соболев (третий справа) с геологами Амакинской экспедиции накануне посещения недавно открытой кимберлитовой трубки «Мир» Поселок Крестях, Якутия. Июль, 1955 г.



кимберлитов и алмазов в северной части Сибирской платформы, в частности, на р. Вилюй, где 14 лет спустя была открыта трубка «Мир». И в секретном отчете, и в книге на его основе, опубликованной в открытой печати в 1951 г. – за три года до открытия первой кимберлитовой трубки Якутии – он отстаивал классический подход к поиску алмазов: сопоставление с алмазными месторождениями мира, в основном Южной Африки.

Однако, к сожалению, геологи, участвующие в работах по поискам алмазов, не проявили должного внимания

к отчету молодого геолога и обоснованным в нем рекомендациям. Об этом можно судить по воспоминаниям Н. Н. Сарсадских, в будущем первооткрывательницы «Зарницы» – первой кимберлитовой трубки Якутии. В своих воспоминаниях она откровенно пишет, что «вопросу, связанному со спутниками алмаза, уделялось большое внимание, однако никто не знал, с какими породами могут быть связаны алмазы, выдвигались самые разнообразные гипотезы их происхождения. В связи с этим было неизвестно, какие спутники надо искать».

В то время доминировало представление о возможной связи сибирских алмазов с некоторыми разновидностями траппов и даже со скарновыми трубками и месторождениями железа, и геологов-практиков ориентировали на минералы траппов как возможные спутники алмазов. Совершенно очевидно, что такое полное игнорирование классического подхода к поискам алмазов на несколько лет задержало открытие алмазных месторождений на Сибирской платформе.

По похожему геологическому маршруту и также перед самым началом Второй мировой войны прошел еще один геолог – Михаил Михайлович Одинцов, под чьим научным и техническим руководством после войны были обнаружены первые россыпи алмазов на Нижней Тунгуске, Вилуе и Мархе. Но тогда, в 1941 г., война остановила алмазные изыскания, главной целью стали поиски и разведка месторождений минерального сырья, необходимого промышленности. Только через десять лет возобновились поиски алмазов, и в 1954 г. была открыта первая кимберлитовая трубка «Зарница», которая «озарила» открытие трубок «Мир», «Айхал», «Удачная», «Сытыканская» и других, составивших славу алмазной промышленности России.

Следует заметить, что после открытия кимберлитов те, кто прежде игнорировал классический подход к поиску месторождений алмазов, мгновенно перестроились. Владимир Степанович писал: «...Настоящий успех был достигнут тогда, когда обратились к старому классическому приему, распознав типичные спутники – кимберлитовые гранаты. И по гранатовой дорожке подошли (Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаева) к первой якутской трубке, которой дали поэтическое название «Зарница». Соболев был



Владимир Степанович Соболев с младшими сыновьями-близнецами Александром и Степаном.  
Фотография из архива Н. В. Соболева



Соболевы – академики, геологи. Слева направо: Н. В. Соболев (избран в 1990 г.), В. С. Соболев (избран в 1958 г.), А. В. Соболев (избран в 2016 г.). 1976 г. Фото В. Новикова

**Александр Владимирович Соболев, д. г.-м. н., академик РАН, член Европейской академии, почетный профессор Университета Гренобль Альпы (Université Grenoble Alpes):**

«Это здорово, родиться в семье, в которой твой отец еще и твой учитель. Отец всегда был для нас примером не только в жизни, но и в науке. Он научил нас относиться критично к своим идеям, находить силы перепроверять их или даже отказываться от них. Владимир Степанович был первым, кто забраковывал свои собственные идеи.

Мы переехали в Новосибирск, когда нам со Степаном было по шесть лет. Я помню поезд, вагон которого был наполнен знакомыми лицами – с отцом переезжали почти все его ученики из Львова. Мне кажется, отец не сомневался в решении ехать в Сибирь, он всегда был открыт ко всему новому, был готов менять привычки – и эти качества мы тоже переняли у него.

Конечно, ни о каком научном будущем мы со Степаном в то время не думали, но даже мы – шестилетние – почувствовали атмосферу, царившую в строящемся Академгородке – невообразимый всплеск энергии во всех сферах жизни, и это при том, что почти ничего еще не было, одна сплошная стройка, среди которой выделялись здания университета и школы, в которую мы с братом и пошли в первый класс. Кстати, уже тогда в ней преподавали английский язык, и теперь, когда я рассказываю зарубежным коллегам, что выучил английский в лесу в Сибири, они сильно удивляются.

Сегодня я работаю в Москве в Институте геохимии и аналитической химии им. Вернадского РАН и во Франции в Университете Гренобль Альпы, где являюсь почетным профессором, изучаю процессы, происходившие на планете более 2,5 млрд лет назад. С российскими и зарубежными коллегами мы занимались оценкой запасов воды под поверхностью Земли и пришли к выводу, что на глубине 410—660 км существует целый океан архейского периода (возрастом 2,7 млрд лет), объем которого в разы превышает размеры Мирового океана. Эта вода, конечно, находится в структуре глубинных минералов, а не в жидкой форме, к которой мы привыкли на поверхности, и добывать ее невозможно даже в отдаленном будущем. Но ее присутствие так глубоко уже в архейское время существенно изменило представления о происхождении воды на Земле. Это исследование, опубликованное в *Nature* в 2016 г., уже стало высокоцитируемым по данным (*Web of Science*)»

официально приглашен в качестве консультанта Амакинской экспедиции и стал первым научным работником, посетившим трубку «Мир» через месяц после ее открытия, в июле 1955 г. Быстро была организована научная обработка материалов найденных кимберлитов, в которой большую роль сыграли ученики В. С. Соболева – А. П. Бобриевич и Г. И. Смирнов, выпускники Львовского университета, – и в течение нескольких лет были опубликованы две монографии. Крупнейший английский ученый Дж. Б. Дусон писал, что В. С. Соболев открыл новую эру в изучении кимберлитов и верхней мантии.

Соболевы – династия ученых //  
За науку в Сибири,  
16 июня 1977 г., № 24 (805)





«А что сам азот в алмазе?.. Он кричит во весь голос: «Аз есмь! Я все помню, – говорит он, – я в мельчайших подробностях сохранил всю информацию об условиях роста природных алмазов, прочтите ее, пожалуйста, – и я открою вам сокровенную тайну природы, я расскажу, как выросли те прозрачные куски из углерода, которые вы храните за семью замками и которые, как величайшую реликвию, человеческий род пронесит через тысячелетия своей истории. Аз есмь азот в алмазе!»». Евгений Владимирович Соболев был постоянным автором газеты «За науку в Сибири», опубликовал там серию очерков, лучшие из которых вошли в его научно-популярную книгу «Тверже алмаза», опубликованную в двух изданиях»

Международная научная конференция «Проблемы магматической и метаморфической петрологии, геодинамики и происхождения алмазов», посвященная 110-летию В. С. Соболева и проходившая в новосибирском Академгородке с 9 по 14 июня 2018 г., охватывала круг тем, которыми в свое время интересовался и которые развивал академик.

Лауреаты 1-й премии конкурса прикладных работ СО АН СССР 1989 г. «За разработку методов прогнозирования и поисков месторождений алмазов различных генетических типов».

Слева направо: Н. В. Соболев, Е. В. Соболев, Н. П. Похиленко, В. С. Шацкий, Ю. Г. Лаврентьев.  
Фотоархив СО РАН

Николай Леонтьевич Добрецов, д. г.-м. н., академик РАН, Председатель Сибирского отделения РАН (1997–2006 гг.), иностранный член Корейской, Китайской и Киргизской академий наук:

«Как и большое искусство, большая наука делается людьми с чистыми руками и чистыми помыслами. Владимир Степанович Соболев обладал замечательными человеческими качествами, которые наряду с талантом ученого помогли ему организовать собственную научную школу, воспитать огромное количество учеников, и сегодня продолжающих развивать его идеи. И, что уж совсем уникально, стать родоначальником целой династии ученых: у Владимира Степановича и его жены Ольги Владимировны четыре сына, и все они сделали достойную карьеру в науке. Возьмите любого крупного



Возвращение делегации советских геологов с Международного геологического конгресса. Слева направо: Б. И. Пийп, В. С. Соболев (в сомбреро), Г. Б. Бокий, В. Е. Хаин. Мексика, 1956 г.

**Степан Владимирович Соболев – профессор, заведующий отделом геодинамического моделирования Немецкого исследовательского центра наук о Земле (Потсдам):**

«Я не могу сказать точно, когда понял, что живу в уникальной семье, ведь каждая семья по-своему уникальна. Но то, что отец – крупный ученый, было понятно с самого детства. Мы росли в хорошей семье – отец был примером для нас во всех сферах жизни. Он продолжал заботиться о нашем будущем даже после того, как мы с Александром окончили университет. Думаю, что одна из причин его переезда в Москву в конце 1970-х гг. в том, что он считал: так будет лучше для нашей научной карьеры. И, конечно, он понимал, что оставляет свое дело в Новосибирске в надежных руках сына Николая, на тот момент уже состоявшегося ученого. Отец был прав. Мы с Александром попали в лучшие научные институты страны. Я до середины 1990-х гг. работал в Институте физики Земли имени О. Ю. Шмидта

вместе с известными геофизиками России, такими как академики В. А. Магницкий и Е. В. Артюшков. В настоящее время я работаю в крупнейшем в Европе Исследовательском центре наук о Земле в Германии, возглавляя отдел геодинамического моделирования, и преподаю в Потсдамском университете. В отличие от Александра и Николая, я не петролог-геохимик, как отец. Меня всегда увлекали физика и математика, но также и науки о Земле. Тут, наверное, виноваты гены. В итоге я выбрал теоретическую геофизику, занимаюсь математическим моделированием процессов, происходящих в недрах Земли: от образования гор, таких как Анды и Гималаи, до крупнейших землетрясений и цунами. На этой конференции в своем выступлении я рассказываю о модели, которая по-новому объясняет начало и развитие тектоники плит на Земле, пожалуй, самого важного процесса, определяющего облик нашей планеты. Не сомневаюсь, что отец был бы рад обсудить мою идею, так же как он это делал при жизни»



ученого – ни у кого в семье не найдете такого количества ученых, среди которых два академика и два известных профессора. У него было много выдающихся идей, и он охотно делился ими со своими учениками. Это одна из причин развития научной школы, в которой, кроме двух сыновей, еще с десятком членов Академии.

Практически все четыре дня конференции, посвященной 110-летию В. С. Соболева, мы обсуждали темы, над которыми в свое время работал один человек. Примечательно то, что уже одна книга «Петрология траппов Сибирской платформы», которую 28-летний Соболев опубликовал в 1936 г. после работы на р. Нижняя Тунгуска, где он не просто выполнил огромный объем исследований, но умудрился не погибнуть в тайге, вписала бы его имя в историю науки, а ведь он написал после этого еще десять книг. По книге «Петрология траппов Сибирской платформы» в 1938 г. Соболев защитил докторскую диссертацию, а в 1939 г. тридцатилетний ученый стал профессором Ленинградского горного института. В 1941 г. предсказал алмазность Сибирской платформы.

Полевые работы в Закарпатье, в районе распространения вулканических пород.  
За микроскопом В. С. Соболев. 1950-е гг.  
*Из архива Н. В. Соболева*

Область интересов В. С. Соболева всегда была обширна, и тренды современной геологии берут отсчет именно с них. Его интересовало развитие технической минералогии – изучение алмазосодержащих пород, кимберлитов, а теперь и искусственных алмазов, для дальнейшего использования в промышленности; изучение редко выходящих на поверхность «супердилов» (сверхглубинных алмазов), образующихся в глубинной мантии; моделирование геодинамических процессов, например, мантийной конвекции – основной причины движения литосферных плит и континентов, рождения вулканов и землетрясений. Не будет преувеличением сказать, что практически все успехи в науках о Земле в значительной мере связаны с развитием научной школы В. С. Соболева».



**Николай Владимирович Соболев, д. г.-м. н., академик РАН, Европейской академии, иностранный член Национальной академии наук США и итальянской Национальной академии деи Линчеи:**

«Отец – главный учитель для всех нас. Все четверо сыновей Владимира Степановича связаны с геологией, и это уникальный случай. Даже брат Евгений – физик-спектроскопист, соавтор открытия о подвижности двойных связей в сопряженных диеновых соединениях, которое стало наиболее выдающимся в области органической химии в 1960–1970 гг. Интересно, что одним из рецензентов заявки на это открытие был Валентин Афанасьевич Коптюг. Позже Евгений тоже увлекся алмазами, изучением их реальной структуры. Совместно с ним и моими учениками, ныне членами РАН – академиком Николаем Петровичем Похиленко и членом-корреспондентом Владиславом Станиславовичем Шацким, мы получили премию Сибирского отделения РАН за разработку методов прогнозирования и поисков месторождений алмазов различных генетических типов. В нашей группе в числе лауреатов этой премии были также д. т. н. Юрий Григорьевич

Открытие мемориальных досок академиков Ю. А. Кузнецова и В. С. Соболева (1986 г.). У микрофона А. А. Трофимук, слева от него – Г. В. Поляков, второй слева – председатель Сибирского отделения АН СССР академик В. А. Коптюг справа – Н. В. Соболев, Л. Г. Кузнецова, Е. В. Соболев,

«Ученый-минералог и геохимик, талантливый популяризатор науки, академик А. Е. Ферсман в своей книге “Рассказы о самоцветах” писал: “Все вопросы, связанные с алмазом, имеют не только огромное теоретическое, но и экономическое значение”. Стоит добавить и то, что история поиска алмазов и их освоения – это, зачастую, драматический сюжет, имеющий значение для каждого участника, меняющий судьбы. Например, одну из первооткрывательниц кимберлитовой трубки “Зарница” геолога Ларису Анатольевну Попугаеву просто вычеркнули из истории открытия. А работа – в тайге, на пустынной, еще не освоенной человеком территории, только вдвоем с рабочим. Чем не драматический сюжет о выживании героя?»



Заседает штаб геологической науки. *Стоят слева направо:* академик В. А. Кузнецов, академик Н. Н. Пузырев, чл.-корр. И. В. Луцицкий, чл.-корр. Э. Э. Фотиади, академик А. А. Трофимук. *Сидят слева направо:* академик А. Л. Яншин, академик В. С. Соболев, чл.-корр. В. Н. Сакс. *Фотоархив СО РАН*

Перед началом полевого сезона на р. Оленек, Якутия. *Крайний справа:* Е. В. Соболев, *крайний слева:* Н. П. Похиленко

Лаврентьев, впервые в СССР освоивший новую микроаналитическую технику – электронный микрозонд, и Эмилия Сергеевна Ефимова, изучавшая алмазы в Якутии сразу после открытия кимберлитов и ставшая сотрудницей ИГиГ в 1973 г. Евгений постоянно ездил в Амакинскую геолого-разведочную экспедицию в Якутию, вел активную научную работу с производственниками, среди которых были его аспиранты, писал статьи в геологические журналы. Позднее, в 1991 г., мы с ним оказались в числе лауреатов последней Государственной премии СССР вместе с другими сотрудниками Академии наук и Мингео СССР.

Отец научил нас работать не “от сих до сих”, а постоянно, научил ответственности. Например, когда он узнал, что ему предстоит командировка в 1956 г. на Международный геологический конгресс в Мексику, начал усиленно учить английский, хотя и до этого прекрасно читал статьи в зарубежных научных журналах. Но все же считал, что уровень его английского недостаточно хорош для общения с иностранными коллегами. Мы с Евгением посмотрели на него и тоже решили подтянуться. Мы всегда старались подтянуться до его уровня.

Вся атмосфера в семье благоприятствовала дороге в науку, тому, чтобы последовать за отцом. Конечно, нам не был “предписан” путь, и я не с самого детства знал, что займусь геологией, но все же сделал выбор довольно рано. После окончания 7 класса отец впервые взял меня в экспедицию в Закарпатье, именно там, в поле, рядом с увлеченными наукой людьми, я проникся делом, понял суть и осознал глубину профессии».

На сегодняшний день Россия занимает лидирующую позицию по алмазодобыче в мире. История этого успеха началась в том числе с работ молодого геолога Владимира Соболева.

Совместно с алмазодобывающей компанией «АЛРОСА» Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН работает

на промышленно-алмазоносных Далдынском и Алаakit-Мархинском кимберлитовых полях, где найдено более двухсот кимберлитовых трубок, большая часть которых убого алмазоносна. В промышленных масштабах работа по добыче алмазов ведется на трубках «Удачная», «Айхал», «Юбилейная», «Дальняя», «Комсомольская», «Сытыканская» и др. Интересует ученых и арктическая территория, где по всем признакам должны быть богатые алмазами кимберлитовые трубки. Работы на севере планируются с холдингом «Росгеология».

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (Якутск) ведет работы на юго-востоке Сибирской платформы, где в 2012 г. в пробах керна из недавно открытой кимберлитовой трубки «Манчары» был обнаружен первый алмаз. Как пояснил научный руководитель ИГМ СО РАН, академик РАН Н. П. Похиленко, на этой территории после открытия «Манчары» пробурили еще несколько



кимберлитовых трубок, но полученные при их изучении материалы говорят о том, что, скорее всего, все они слабо алмазоносные.

«Найденных в России кимберлитовых трубок более тысячи, но имеют отношение к экономической эксплуатации всего два десятка. Поэтому есть необходимость в прохождении новой шахты на трубке “Мир”, где в августе 2017 г. произошла авария и где, к сожалению, погибли люди. В этой кимберлитовой трубке остались запасы хорошей руды с содержанием алмазов 4 карат на тонну. Если бы были открыты новые месторождения хотя бы того же класса, то вопрос о доработке трубки “Мир” и бурении новой шахты не стоял, однако резервных месторождений с близкими характеристиками пока нет.

С открытием новых алмазоносных кимберлитовых трубок дело обстоит гораздо сложнее, чем это было в 50–60-х гг. прошлого века. “Удачная”, “Айхал”, “Мир” и др. находились на поверхности и давали мощный шлейф индикаторных материалов, поэтому их в свое время быстро нашли. Сегодня “простых” трубок не осталось. Бывает, что трубку перекрывают более молодые отложения, толщина которых может достигать 100 м и более. Такое геологическое тело найти непросто, оно не дает о себе знать, но именно такие трубки сегодня ищут геологи. Здесь используются уже другие алгоритмы работы, технологии и методы. С “АЛРОСА” и “Росгеологией” мы работаем как раз

на таких территориях и уверены, что в будущем нас там ждут интересные находки».

Академик В. С. Соболев всегда подчеркивал важность и неразрывность связи между фундаментальной геологией и прикладными исследованиями. Он писал: «Наука помогла поисковикам и разведчикам найти якутские месторождения, а изучение добываемых алмазов и их спутников открыло перед наукой новые возможности для исследования состава и процессов глубоких горизонтов мантии Земли – и естественный круг, или, вернее, одно кольцо спирали сомкнулось».

#### *Литература*

*Алексеев А. С., Архипов С. А., Вышемирский В. С. и др. Творческий путь академика В. С. Соболева // Геология и геофизика. 1984. № 12. С. 2–18.*

*Добрецов Н. Л., Соболев В. С., Соболев Н. В. и др. Фации регионального метаморфизма высоких давлений / Под ред. В. С. Соболева. М.: Недра, 1974. 328 с.*

*Соболев В. С. Петрология траптов Сибирской платформы. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1936. 224 с. (Тр. Аркт. ин-та; Т. 43).*

*Соболев В. С., Добрецов Н. Л., Соболев Н. В. и др. Связь процессов магмообразования с метаморфизмом и глубинным строением земной коры и верхней мантии // Проблемы кристаллохимии минералов и эндогенного минералообразования. Л.: Наука, 1967. С. 170–182.*

# СКОЛЬКО ЦВЕТОВ В РАДУГЕ?

igneus

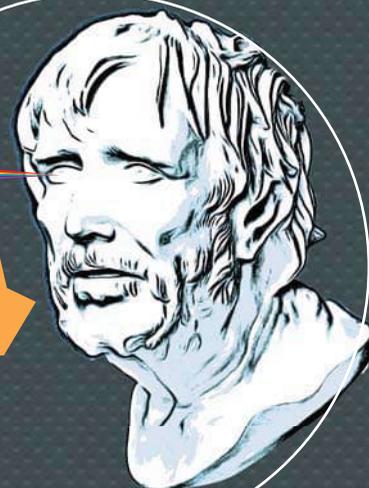
lūteus

uiridis, caeruleus

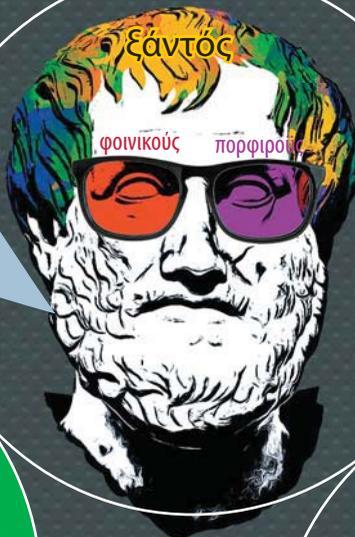
purpureus

У нас в Риме особая радуга – четырехцветная: *igneus* 'красный', *lūteus* 'оранжевый + желтый', *uiridis, caeruleus* 'голубой + синий', *purpureus* 'фиолетовый'.

Сенека



Не спорьте, цветов в радуге три, сами посмотрите: *φοινικούς* 'красный', *ξάντος* 'оранжевый + желтый', *πράσινοζ* 'зеленый + голубой + синий', *άλουργήζ* 'фиолетовый'.



Аристотель

Да-да, определено три цвета: *φοινικούς* 'красный', *χλωρός* 'оранжевый + желтый + зеленый + голубой + синий', *πορφύροζ* 'фиолетовый'.



А я не вижу, я знаю, что в радуге семь цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, индиго (темно-синий) и фиолетовый.



Древнегреческий философ Ксенофан

Представление об окружающем мире всех живых существ на планете в большей или меньшей степени зависит от зрения. И у всех оно разное, даже у млекопитающих. Например, одни виды лишены цветного зрения, а другие – различают лишь отдельные цвета спектра, и только очень немногие, например высшие приматы, имеют полноценное цветное зрение. Современный человек, населяющий планету, относится к одному виду – *Homo sapiens*, и несмотря на это, в разных языках палитра цветообозначений может сильно различаться по количеству представленных в ней цветовых терминов. Значит ли это, что знакомая всем с детства мнемоническая фраза «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан», помогающая запомнить последовательность цветов радуги и цветов спектра, работает не для всех? И с чем это связано? Главный научный сотрудник Института филологии СО РАН, зав. кафедрой общего и русского языкознания НГУ, д. ф. н., профессор Наталья Борисовна Кошкарёва рассказала, в каких языках мира различается до 12 базовых цветообозначений, а где всего два, а также о том, что в первую очередь определяет языковые способы наименования цвета – физиология или культура, и действительно ли для древних греков море было не синим, а «винноцветным». Научно-популярная лекция прошла 14 мая в ГПНТБ СО РАН в рамках новосибирских «Дней науки»

**Ключевые слова:** цвета, система цветообозначений, зрение, язык, спектр, аборигены, лингвистика, культура, бесписьменные языки, зрительное восприятие, оптическое явление, коренные народы, этнолингвистика\*.

**Key words:** colors, color system, vision, language, spectrum, aborigines, linguistics, culture, unwritten languages, visual perception, optical phenomenon, indigenous peoples, ethno-linguistics

\* Раздел языкознания, исследующий психические, этнические, культурные особенности народа, нации и то, как они отражаются в языковой системе

© Н. Б. Кошкарёва, 2018



КОШКАРЕВА Наталья Борисовна – доктор филологических наук, профессор, главный научный сотрудник Сектора языков народов Сибири Института филологии СО РАН (Новосибирск), зав. кафедрой общего и русского языкознания Гуманитарного института Новосибирского государственного университета, член Орфографической комиссии РАН, эксперт РАН. Автор и соавтор 150 научных публикаций

Еще в начале XIX в. выдающийся немецкий языковед и философ Вильгельм фон Гумбольдт сформулировал идею, которая позднее стала основополагающей для этнолингвистики: «Человек преимущественно – да даже и исключительно, поскольку ощущение и действие у него зависят от его представлений, – живет с предметами так, как их преподносит ему язык... И язык описывает вокруг народа круг, выйти из которого человек может, лишь вступив в другой круг, описываемый другим языком». Другими словами, наше сознание и наше восприятие мира во многом предопределяются тем, на каком языке мы говорим с детства.

Позже появилась гипотеза лингвистической относительности американских лингвистов Эдварда Сепира и Бенджамина Ли Уорфа, согласно которой мы видим мир таким, каким «показывает» его нам наш родной язык. Отсюда следует, что мы как бы не замечаем того, что не нашло отражения в нашем языке, а именуем

## Цветовые термины в «Одиссее» Гомера

|               |           |               |
|---------------|-----------|---------------|
| Кровь         | λευκός    | белый         |
|               | μέλνς     | черный        |
| Темные облака | ξανθός    | желтый        |
|               | πορφύρεος | пурпурный     |
| Морская волна | έρνθρός   | ярко-красный  |
|               | πόλιος    | серый         |
| Радуга        | κύανεος   | индиго        |
|               | φοίνιξ    | крово-красный |

|              |              |                |              |
|--------------|--------------|----------------|--------------|
| Фишашковий   | Мятный       | Лаймовый       | Шартрез      |
| Морская пена | Папоротник   | Оливковый      | Грушевий     |
| Зеленый      | Паракиновый  | Кислица        | Изумрудный   |
| Шалфей       | Крокодиловый | Соленый огурец | Мох          |
| Базилик      | Сосна        | Водоросли      | Можжевельник |

прежде всего то, что важно для данного народа в культурном отношении.

## Море – синее или винноцветное?

Одним из первых на различия в системе цветообозначений в разных языках обратил внимание выдающийся государственный деятель Уильям Гладстон (1809–1898 гг.), который четырежды избирался на пост премьер-министра Великобритании в XIX в. Это был не только выдающийся политик, мыслитель и писатель, но и талантливый лингвист. При изучении древнегреческих поэм «Илиада» и «Одиссея» Гомера он обратил внимание на то, что в языке оригинала нет отдельных слов для обозначения «синего» и «зеленого» цветов – море в этих текстах описывается словом «винноцветное». В нашем представлении цвет вина ассоциируется, прежде всего, с темными оттенками красного. Но значит ли это, что у берегов Древней Эллады плескались волны красного цвета? Совсем нет, так как ассоциативный ряд, связанный с представлением о цвете вина, может включать в том числе и ассоциации с цветом «белого» вина, которое, как известно, в русском языке называли «зеленым». Вспомним хотя бы Илью Муромца, который выпил «чашу зелена вина».

Согласно анализу У. Гладстона, в «Одиссее» Гомер использовал 8 цветовых терминов. При этом для описания крови применялось такое же слово, как и для обозначения белого цвета, а морской волны – слова, обозначающие цвета, лежащие в спектре «светло-красного» и «серого». Получается, что для греков привычное нам «синее море» было «винноцветным»

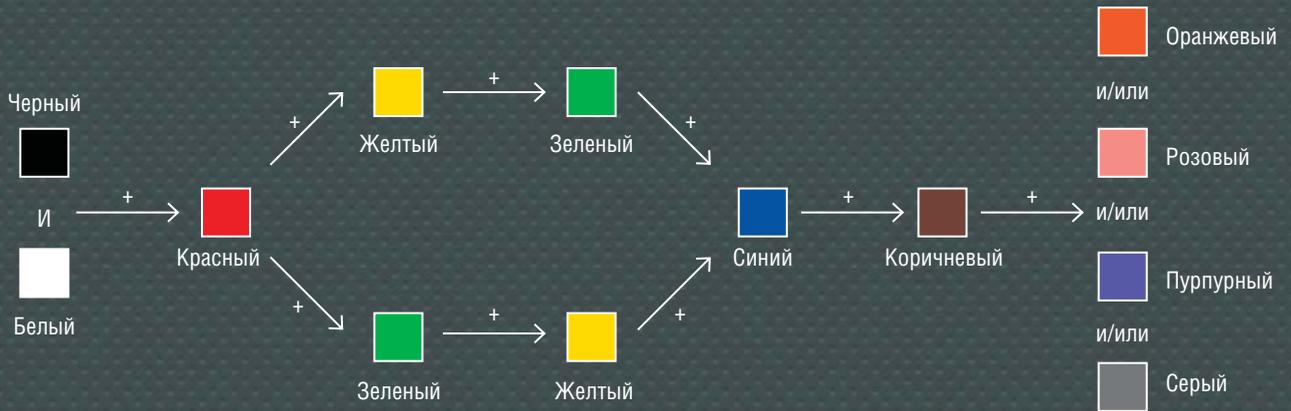
Английский язык предоставляет много возможностей для наименования цветов и оттенков зеленого спектра. При этом в мире существуют языки, в которых слова для обозначения «зеленого» вообще не существуют

У. Гладстон в III главе «Исследований о Гомере и его веке», опубликованных в 1858 г., утверждал, что словарный запас Гомера, применяемый для описания цветов, был весьма ограничен, а его эпитеты для современного читателя звучат по крайней мере странно.

Полная характеристика поэм Гомера в описании Гладстона звучит так: их цветовой язык беден, и одно и то же слово используется для обозначения различных по цвету предметов, при этом для обозначения цвета одних и тех же предметов могут использоваться совершенно разные «красочные» эпитеты. Наиболее часто используются слова, обозначающие самые грубые цвета, в основном черный и белый, и, как правило, все остальные цвета сводятся к оттенкам этих двух. Наконец, сами по себе цветовые характеристики в описаниях встречаются существенно реже прочих.

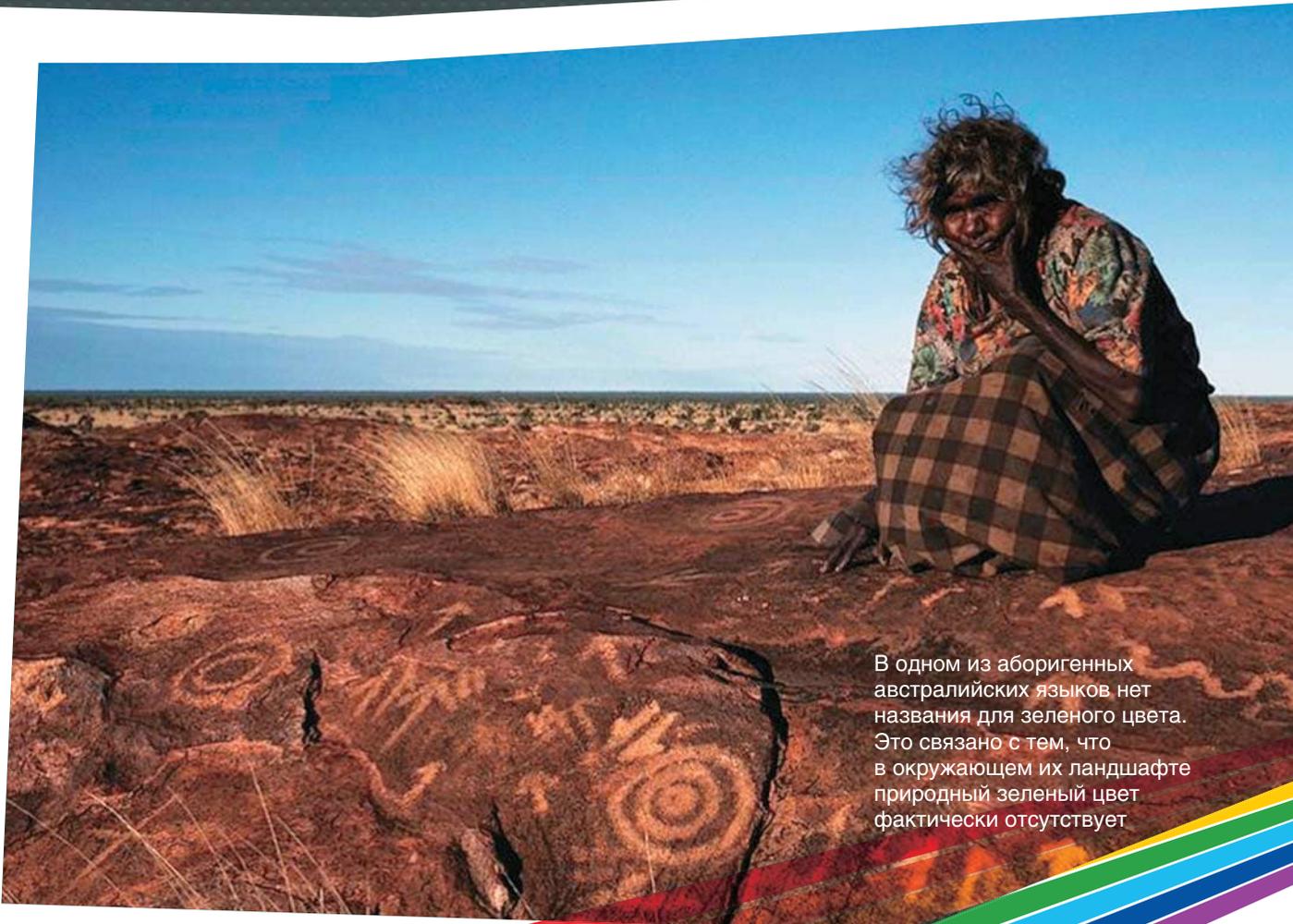
Для доказательства этих тезисов У. Гладстон выписал все употребленные Гомером прилагательные, имеющие отношение к цвету, и проанализировал все ситуации, в которых они использовались. Таких прилагательных он обнаружил восемь для основных цветов: белого, черного, желтого, красного, фиолетового, темно-синего, а также два слова без прямого соответствия в современном языке, одно из которых, вероятно, было синонимом пурпурного.

На этом основании был сделан вывод: «орган цвета и его впечатления были лишь частично развиты у греков героической эпохи». В статье *The colour sense* (1877) У. Гладстон, в ответ на теорию эволюции Дарвина и Ламарка, развивает теорию «обучения зрения».



Аборигены Северной территории – субъекта федерации в составе Австралии.  
 Фото: Medford Taylor/Getty

Универсальная схема развития системы цветообозначения в языке, в которой выделены 7 стадий. По (Кей, Берлин, 1969)



В одном из аборигенных австралийских языков нет названия для зеленого цвета. Это связано с тем, что в окружающем их ландшафте природный зеленый цвет фактически отсутствует

Согласно этой концепции, в историческом масштабе у целых народов зрение со временем «тренируется» так же, как у художников во время обучения. Вряд ли такая точка зрения была бы признана политкорректной в настоящее время, тем более что и сейчас есть много языков, в которых к числу базовых относится всего лишь пять, а то и четыре, или три, или даже всего два цветообозначения.

## От черно-белого – до радуги

У. Гладстон, а позже и другие исследователи задавались вопросом: если названий таких цветов, как «синий» и «зеленый», в языке нет, означает ли это, что люди их не различают? Или просто сама система цветообозначения у тех же древних греков была иной, чем у современного человека?

И это касается не только древних греков – подобные исследования проводятся и на материале современных языков. Здесь необходимо напомнить, что человеческий глаз в принципе может распознавать  $10^6$  оттенков цветов! При этом в любом языке наименований цвета оказывается существенно меньше, и в разных языках эти системы значительно различаются: языки широко варьируют как по набору терминов цвета (от 2 до 12 базовых цветов), так и по объему понятий одних и тех же цветообозначений.

К примеру, в одном из языков австралийских аборигенов одно и то же слово используется для обозначения трех цветов – синего, фиолетового и коричневого, для которых в русском языке имеются отдельные названия. Что касается английского и русского языков, то они более-менее близки по количеству цветообозначений,

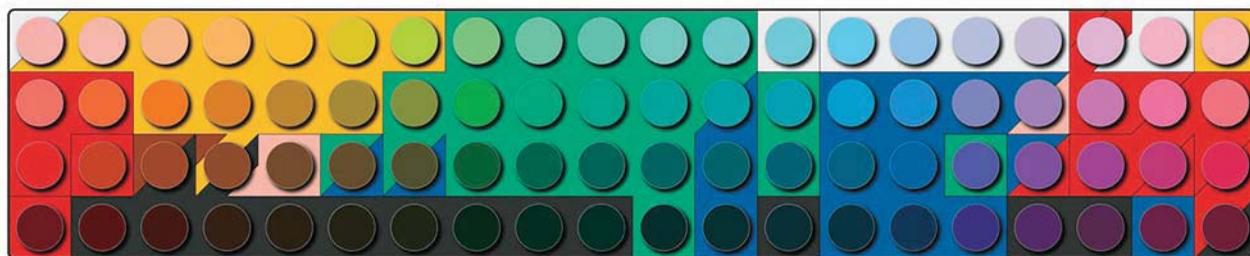
и все же разница существует и между ними. Так, в английском языке имеется 11 базовых цветообозначений, в русском – 12. Этот дополнительный цвет – голубой. Разграничение синего и голубого цветов является яркой отличительной чертой русского языка.

В 1969 г. в США вышла книга Брента Берлина и Пола Кея, посвященная типологии цветообозначений в языках мира (B. Berlin, P. Kay *Basic color terms: their universality and evolution*. Berkeley: University of California Press, 1969). Антрополог Б. Берлин изучал обычаи одного из народов майя – цельталь, представители которого проживают в мексиканском штате Чьяпас, известном знаменитыми древними пирамидами майя. Лингвист П. Кей занимался языками аборигенов Таити и обратил внимание на то, что слово, обозначающее базовое понятие «красный», используется для описания широкого спектра – от оранжевого до фиолетового, при этом учитывается еще и свойство поверхности – насколько она блестящая и гладкая. Он также заметил, что одно и то же слово обозначает одновременно и зеленый, и синий цвета. Те же самые особенности отметил Б. Берлин и для языка цельталь в Мексике.

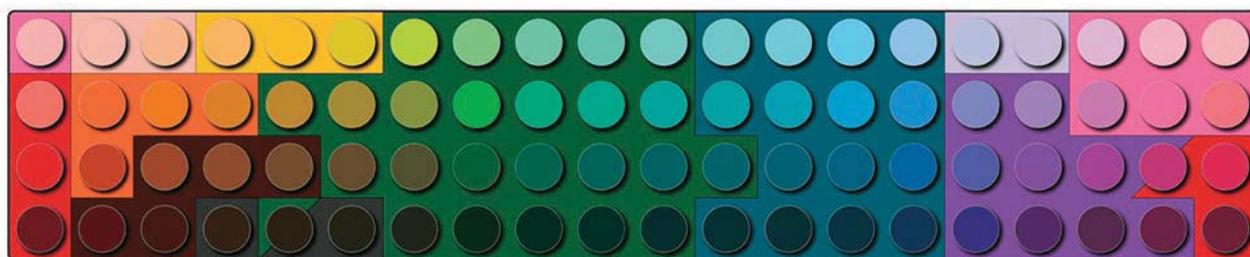
Ученые пришли к мысли, что если генетически неродственные языки, разделенные огромными пространствами, имеют сходные характеристики, это означает, что у разных народов мира должны существовать универсальные механизмы цветообозначений. Б. Берлин

Фишки различных оттенков, сгруппированных по базовому цвету носителями английского языка и языка австралийских аборигенов. © *Asifa Majid*

Jahai



English





Племя, проживающее на Тробрианских островах Папуа-Новой Гвинеи, и британский антрополог Б. К. Малиновский. В Тробрианском языке присутствуют четыре термина для обозначения цветов. *Public Domain*

Абориген. Папуа-Новая Гвинея. *Local Yali Tribeman Baliem Valley – Papua, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2106141>*

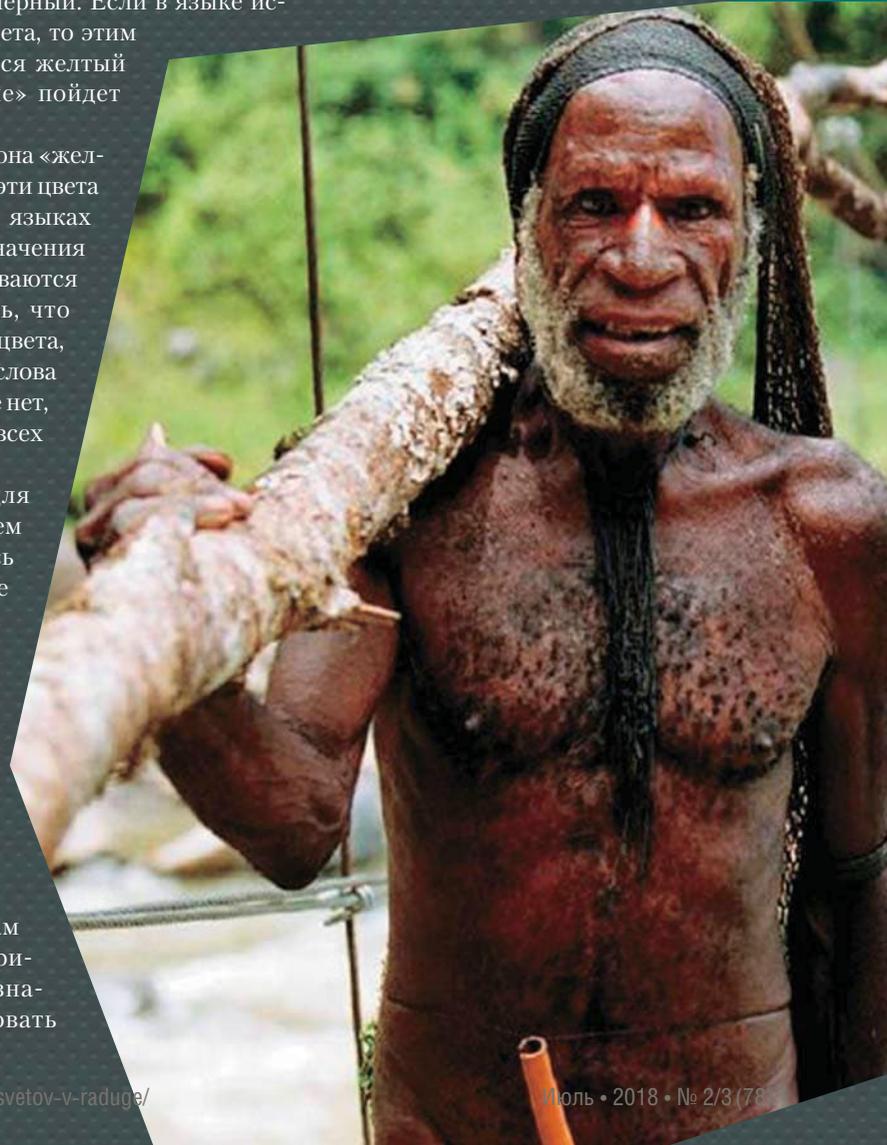
и П. Кей изучили вначале около 20 письменных языков практически всех крупных языковых семей, обслуживающих постиндустриальные общества.

Согласно идее В. Берлина и П. Кея, базовыми цветами в любом языке являются ахроматические цвета – белый и черный. Если в языке используется три термина для обозначения цвета, то этим третьим будет красный. Четвертым появится желтый либо зеленый, а дальнейшее «прибавление» пойдет строго по разработанной ими схеме.

Чаще всего встречаются языки, в которых зона «желтый, зеленый и синий» не расчленяется – все эти цвета обозначаются одним термином. И только в языках с более разветвленной системой цветообозначения (английский, русский и др.) эти цвета называются разными словами. В целом можно сказать, что если в языке есть обозначение коричневого цвета, то в нем непременно должны быть отдельные слова для всех предыдущих цветов. Но если в языке нет, допустим, синего цвета, то в нем не будет и всех последующих.

Эта цепочка оказалась универсальной для всех языков, представленных в выборке. Тем не менее работа Берлина и Кея подвергалась критике, в частности за определенное насилие над языковым сознанием информантов, так как исследователи предлагали участникам уже готовую палитру цветов и готовые термины. Однако иерархия Берлина и Кея подтвердилась, когда в 1970-е гг. был проведен Всемирный цветовой опрос, в котором участвовало 2600 человек, говорящих на 110 бесписьменных языках (*The World Color Survey, 2010, <http://www1.icsi.berkeley.edu/wcs/>*).

Эксперименты, подобные экспериментам Берлина и Кея, проводятся и сейчас. Например, в одном из исследований цветообозначений участникам требовалось сгруппировать





по базовому цвету фишки различных оттенков. Оказалось, что, к примеру, у носителей аборигенного австралийского языка *Jahai* и английского языка представления о цветах несколько различаются. И все же, поскольку цветовая волна имеет объективные физические характеристики, во всех языках, даже генетически неродственных и территориально удаленных, система цветообозначений имеет универсальный характер, несмотря на все культурные различия.

## Универсальный или относительный?

Итак, на материале языков разных систем ученые выделяют 11 универсальных цветообозначений. Шесть базовых – красный, желтый, зеленый, синий, белый, черный. Все остальные цвета являются результатом смешения базовых. Цвета делятся на теплые и холодные, и это восприятие, как мы увидим дальше, для некоторых народов оказывается более важным, чем хроматические оттенки.

Критерии, по которым цветообозначение определяется как основное, следующие:

- слово не должно быть производным и сложным (поэтому не относятся к базовым цветообозначениям англ. *bluish*, рус. *сине-зеленый*, *голубоватый*, *сиреневый*);
- значение слова не должно быть уже значения

Если на карте Мира отметить языки, где есть отдельные термины для синего и зеленого цветов, то их окажется немного. *WALS Online edited by Dryer, Matthew S. & Haspelmath, Martin* <http://wals.info/>

другого имени цвета, указывающего на какой-либо близкий оттенок (ср., англ. *scarlet* «оттенок красного», рус. *малиновый*, *алый*, *багряный*, так как включены в «красный» по значению);

- слово не имеет ограничений на сочетаемость (ср., англ. *blond*, обозначающее цвет волос, рус. *капуй* – о цвете глаз, *белокурый*, *каштановый* – о цвете волос, *пегий* – о масти животных и т. д.);

- слово должно быть широко известным, всплывать в памяти в первую очередь. Для носителей данного языка оно должно быть психологически значимым, должно присутствовать во всех диалектах данного языка, появляться в начале списка в эксперименте, где информантов просят перечислить известные им цвета; его значения для разных носителей языка и в разных контекстах должны совпадать.

Как же эти базовые цветообозначения отражаются в разных языках мира?

Например, в основе системы цветообозначений языка индонезийского народа дани лежит двойная оппозиция – оттенок и теплота. Слово *mili* используется здесь для обозначения «темного / холодного»: черного,

темно-коричневого, холодных оттенков зеленого и синего. Напротив, слово *mola* применяется для всего «светлого / теплого»: для обозначения белого и теплых цветов, оттенков красного, желтого, оранжевого, бежевого, телесного. Для нас такие параметры кажутся непривычными, однако подобных языков немало.

Системы цветообозначений развиваются двумя путями: ведущим признаком может быть либо разграничение хроматических оттенков, либо степени яркости. В языке *бурара* система цветообозначений базируется на оппозиции «яркий / тусклый». Например, термин *gungaltja* используется для обозначения белого и пастельных тонов, а также яркого и красного. Термин *gungundja* – для всего остального.

Существуют языки, в которых представлено четыре термина-цветообозначения, при этом происходит расщепление категории. Так, в *себуанском* языке, на котором говорят жители Филиппинских островов, категория «теплый» раздваивается на красный и желтый.

*mabosas* – СВЕТЛЫЙ / белый  
*maitum* – ТЕМНЫЙ / черный  
*mapula* – ТЕПЛЫЙ / красный  
*madurag* – ТЕПЛЫЙ / желтый

Конечно, нам, как носителям русского языка, может показаться скудным такое количество терминов для описания разных оттенков цвета, представленных в окружающем мире. Но в действительности разветвленные системы цветообозначений, насчитывающие до 12 базовых цветов, встречаются довольно редко. Так, из 119 языков, представленных в интерактивном источнике «World Atlas of Language Structures» (<http://wals.info/>), только в 29, то есть в одной четвертой части, представлено 6 базовых цветообозначений, в подавляющем большинстве языков мира их меньше.

Считается, что каждый день в мире, как следствие глобализации, исчезает один язык. И хотя коренные народы Сибири и Дальнего Востока все чаще используют в быту русский язык, все же на территории Сибири и Дальнего Востока на сегодняшний день сохраняется

около 60 самостоятельных языков, которые относятся к четырем крупным языковым общностям – уральской (финно-угорские и самодийские языки: хантыйский, мансийский, ненецкий, энецкий, селькупский, нганасанский и др.) и алтайской (тюркские, монгольские, тунгусо-маньчжурские языки: алтайский, тувинский, хакасский, якутский, шорский, бурятский, эвенкийский, нанайский, ульчский, орокский и др.), а также к чукотско-камчатской (чукотский, корякский, ительменский и др.) и эскимосско-алеутской. Есть на территории Сибири и изолированные языки (кетский, юкагирский, нивхский).

Системы цветообозначений в языках, находящихся в генетическом родстве, представители которых длительное время проживают в тесном контакте и ведут совместную хозяйственно-экономическую деятельность, могут существенно различаться.

Так, в финно-угорском *хантыйском* языке представлены два базовых цветообозначения – белый и черный, остальные – производные. Например, для обозначения красного цвета используется прилагательное *вўрты*, однокоренное существительному *вўр* ‘кровь’; для обозначения желтого используется слово, буквально обозначающее «цвета желчи», соответственно, спектр желтого сдвинут в область зеленого, так как с этим цветом у носителей хантыйского языка ассоциируется желчь, хотя для носителей русского языка она скорее ассоциируется с зеленоватыми оттенками. При этом в *коми-зырянском* языке, который тоже относится к финно-угорской семье языков, цветообозначений намного больше, имеется отдельное слово для синего цвета. На территорию Западной Сибири коми пришли из Европы в XVII в. и переняли у местного населения кочевой образ жизни, но сохранили базовые противопоставления в системе цветообозначений, типичные для языков европейской части России.

Кроме базовых наименований цвета, в языках разных систем имеется большое количество слов, которые обозначают самые неожиданные оттенки цвета, причем чаще всего именно эти единицы отражают культурную специфику народов и особенности природных ландшафтов, в которых они проживают. Например, в алтайском языке восемь базовых цветообозначений: *ак* ‘белый’, *кара* ‘черный’, *боро* ‘серый’, *кызыл* ‘красный’, *жэжыл* ‘зеленый’, *көк* ‘синий’, *сары* ‘желтый’, *кўрен* ‘коричневый’; но при этом большое количество слов, обозначающих самые разнообразные масти животных. Когда-то и носители русского языка знали, чем различаются такие масти лошадей, как *буланый*, *каурый*, *вороной*, *гнедой*, *саврасый*, *чубарый*, *чалый*, *чагравый*, *сивый*, *игрневый*, *соловый* и т. д. Сейчас же лишь специалисты могут определить, что *чубарый* – это масть лошади с темными пятнами по светлой шерсти или вообще с пятнами шерсти другого цвета, *чалый* – серый с примесью другого

#### Алтайский язык

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| <i>ак</i> ‘белый’         | <i>буланый</i>       |
| <i>кара</i> ‘черный’      | <i>каурый</i>        |
| <i>боро</i> ‘серый’       | <i>вороной</i>       |
| <i>кызыл</i> ‘красный’    | <i>гнедой</i>        |
| <i>жэжыл</i> ‘зеленый’    | <i>саврасый</i>      |
| <i>көк</i> ‘синий’        | <i>чубарый</i>       |
| <i>сары</i> ‘желтый’      | <i>чалый</i>         |
| <i>кўрен</i> ‘коричневый’ | <i>сивый</i> и т. д. |

цвета, *каурый* – светло-каштановый или рыжеватый, *буланый* – светло-рыжий с черным хвостом и гривой. По своему происхождению подавляющее большинство обозначений мастей животных в русском языке являются заимствованиями из тюркских языков. Это неслучайно, так как для скотоводческих тюркских культур это имеет огромное значение.

В разных языках обозначения одного и того же цвета могут иметь разные переносные или образные значения. Так, если в русском языке слово «красный» ассоциируется с положительными характеристиками – *молодой, здоровый, крепкий* (например, *красна девица*), то в тувинском языке прилагательное *кызыл* ‘красный’ может употребляться в значении *голый, бедный, нищий*. Аналогично с черным цветом: в русском языке для него много негативных коннотаций, т. е. дополнительных, сопутствующих значений, тогда как в алтайском и тувинском языках прилагательное *кара* ‘черный’ может использоваться в значении *очень, совсем, совершенно, абсолютно*, обозначая положительный признак предмета. Например, «черный» табак – это крепкий табак, тув. *кара шаар* ‘огромное количество’ (букв.: черная чайная гуща). Прилагательное *көк* ‘синий’ в тувинском языке может символизировать, во-первых, положительный признак чистоты или высокой степени проявления качества, например, тув. *көк элээр* ‘совершенно трезвый’ (букв.: синий трезвый); во-вторых, отрицательный признак – простой, необразованный, деревенский, например, тув. *көк шой кижси* ‘неопытный человек’ (букв.: синий чугунный человек).

И даже в этой сфере уникальных для каждого языка переносных значений наблюдаются общие закономерности. В литовском языке, например, слово *raudonas* ‘красный’ тоже может использоваться для обозначения интенсивности признака: *Tai ji pinigų raudonai primygsi (labia reikalauši)* ‘Так денег по-красному будет недоставать (т. е. очень нужны деньги)’.

У всех представителей *Homo sapiens* физиологические предпосылки зрительного восприятия цвета как оптического явления, которое определяется длиной световой волны, должны быть в целом одинаковыми (мы оставляем в стороне случаи дальтонизма или другие индивидуальные отклонения). На этом базируется *универалистская теория*, в соответствии с которой системы цветообозначений в разных языках мира устроены принципиально одинаково, так как в их основе лежат общие для всех нейрофизиологические особенности человека.

Однако при отражении в языке даже такого, казалось бы, объективного физического явления, как световая волна, встречается большое количество вариантов, что позволяет говорить об относительности, а не универсальности этих систем, базовая система

цветообозначений существенным образом корректируется культурными и природными факторами. Например, в одном из аборигенных австралийских языков, вопреки схеме, предложенной Б. Берлином и П. Кеем, нет названия для зеленого цвета, хотя следующие за ним по порядку наименования имеются. Это связано с тем, что в окружающем их ландшафте природный зеленый цвет фактически отсутствует, соответственно, на формирование языковых средств выражения существенное влияние оказывает культура, природное окружение, значимость для повседневной хозяйственной деятельности тех явлений, которые находят свое отражение в языке.

Для носителей русского языка олицетворением цветового спектра является радуга. В «русской» радуге 7 цветов, хотя базовыми для русского языка признаются 12 цветообозначений: белый, черный, серый, красный, розовый, желтый, оранжевый, зеленый, синий, голубой, фиолетовый, коричневый. Отличительной особенностью русского языка является наличие среди базовых цветообозначений слова *голубой* – это один из знаковых для исконной русской лингвокультуры цветов. Несмотря на кажущуюся исконность слова *красный*, оно закрепилось среди базовых цветообозначений относительно недавно, в XVIII в., на месте других древних слов *рдяный* и *чермный*, обозначающих оттенки красного спектра. В слове *рдяный* выделяется индоевропейский корень, который до сих пор встречается и в других индоевропейских языках, ср. англ. *red*, фр. *rouge*, нем. *rot* ‘красный’. О том, какой именно оттенок обозначало это слово, можно судить по исторически однокоренным словам *ржавый, рыжий, зардеться* и *руда* (к слову сказать, одно из устаревших значений слова *руда* – ‘кровь’). Однако значимость «красного» цвета для русской языковой картины мира столь высока, что стало употребляться слово *красный* с исходной оценочной характеристикой «красивый». В русском языке существует большое количество наименований для оттенков красного цвета: *алый, багряный, багровый, пурпурный, малиновый, бордовый, кумачовый, вишневый, туиловый, свекольный, коралловый, брусничный, рубиновый* и др.

Привычный нам сейчас спектр в XVIII в. включал несколько отличающийся набор цветов. Кантемир в «Оде в похвалу наук» перечисляет следующие цвета: «один фиалковый, другой пурпуровый, третий голубой, четвертый зеленый, пятый желтый, шестой рудожелтый, седьмой красный». Нетрудно заметить, что в этом перечне нет синего, фиолетового, вместо них – фиалковый и пурпурный. Вместо оранжевого употребляется термин «рудожелтый», обозначающий смешанный цвет, сам термин *оранжевый* появляется вместе с плодом экзотического дерева – *оранжем* (так первоначально называли апельсин; от фр. *orange* ‘апельсин’).



Итак, универалистский подход к номинациям цвета предполагает, во-первых, что существует ограниченный набор базовых цветообозначений, во-вторых, появление новых цветообозначений в том или ином языке подчиняется строгой последовательности: первыми появляются названия для белого и черного, за ними – для красного, далее – желтый, зеленый и синий, при этом для желто-сине-зеленого участка спектра может использоваться либо всего-навсего одно слово, в недифференцированном виде обозначающее все эти цвета вместе, либо два, в одном из которых сочетаются между собой желтый и зеленый в противопоставлении синему или же зеленый и синий в противопоставлении желтому (для этого спектра придумано даже свое слово *grue* как контаминация *blue* и *green*).

Номинации других цветов связаны, как правило, с указанием на природный эталон этого цвета, например: *коричневый* – цвета коры, *розовый* – цвета розы, *сиреневый* – цвета сирени, *кирпичный* – цвета кирпича, *персиковый* – цвета персика, *изумрудный* – цвета изумруда и т. д. И в этой области языка очень сильно различаются между собой, что открывает возможность релятивистских трактовок системы цветообозначений, так как набор слов для неосновных цветов в каждом языке индивидуален и связан с культурными традициями и особенностями окружающего мира.

В последние годы благодаря появлению искусственных красителей мир вокруг нас стал более разноцветным, потребовалось появление новых слов,

Манси – жители деревни Турват-пауль. 1990 г. Бауло, 2015 (Бауло А. В. Медведь-барабанщик. Русская игрушка в обрядах и культах обских ургов // НАУКА из первых рук. 2015. Т. 61. № 1. С. 76—91)

обозначающих новые оттенки цветов, таких, например, как *монастырский белый*, *лиловый шик* и мн. др., обозначения оттенков цветов поистине бесконечны (*карминно-красный*, *густо-красный*, *огненно-красный*, *бумажно-белый*, *молочно-белый*, *снежно-белый* и т. д.), как бесконечен окружающий человека мир.

#### Литература

Бахилина Н. Б. История цветообозначений в русском языке. М.: Наука, 1975. 292 с.

Майзина А. Н. Семантическое поле цветообозначений в алтайском языке (в сопоставлении с монгольским языком). Горно-Алтайск, 2008. 264 с.

Наименования цвета в индоевропейских языках: Системный и исторический анализ / Отв. ред. А. П. Василевич. М.: КомКнига, 2007. 320 с.

Норманская Ю. В. Генезис и развитие систем цветообозначений в древних индоевропейских языках. М.: Институт языкознания РАН, 2005. 326 с.

Kay P., Berlin B., Maffi L., et al. *The World Color Survey*. Stanford, Calif.: CSLI Publications, 2009. 618 p.

# КОСТИ МОЕЙ БАБУШКИ, ИЛИ



# Проверь себя на прочность

© М. А. Королев, 2018



*С возрастом наша костная ткань истончается, становится хрупкой, и кости могут сломаться даже в случае небольшой нагрузки. Коварство остеопороза, который сегодня называют «тихой эпидемией XXI века», в том, что процессы патологического изменения костей не сопровождаются болью, и болезнь может бессимптомно прогрессировать десятки лет – до первого перелома. Можно ли диагностировать остеопороз на ранней стадии? Как избежать страшных последствий патологических изменений костной ткани? Другими словами, можем ли мы помочь себе и своей бабушке?*

КОРОЛЕВ Максим Александрович – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией патологии соединительной ткани ревматологического отделения, заместитель руководителя по научной и клинической работе Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной лимфологии – филиала Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 120 научных работ, в том числе четырех монографий и трех патентов

*Ключевые слова:* остеопороз, костная ткань, позвоночник, осанка, перелом шейки бедра.

*Key words:* osteoporosis, bones, body posture, spine, cervical hip fracture



Статья подготовлена на основе публичной лекции, прочитанной автором

весной 2018 г. в одном из баров новосибирского Академгородка (Научное кафе «Эврика»)

Основной процесс, который постоянно в течение жизни происходит в тканях нашего скелета, – *ремоделирование кости*, замещение старой на новую. В этом непрерывном обновлении участвуют три основных типа клеток: *остеокласты* (они «едят» старую кость), *остеобласты* (они нарабатывают новую) и *остеоциты* – «кирпичики», из которых и состоит сама кость. Кальций, содержащийся в костях в форме минерала *гидроксиапатита* (в нем присутствует также большое количество фосфора), играет при этом роль межклеточного «бетона», укрепляя костную структуру.

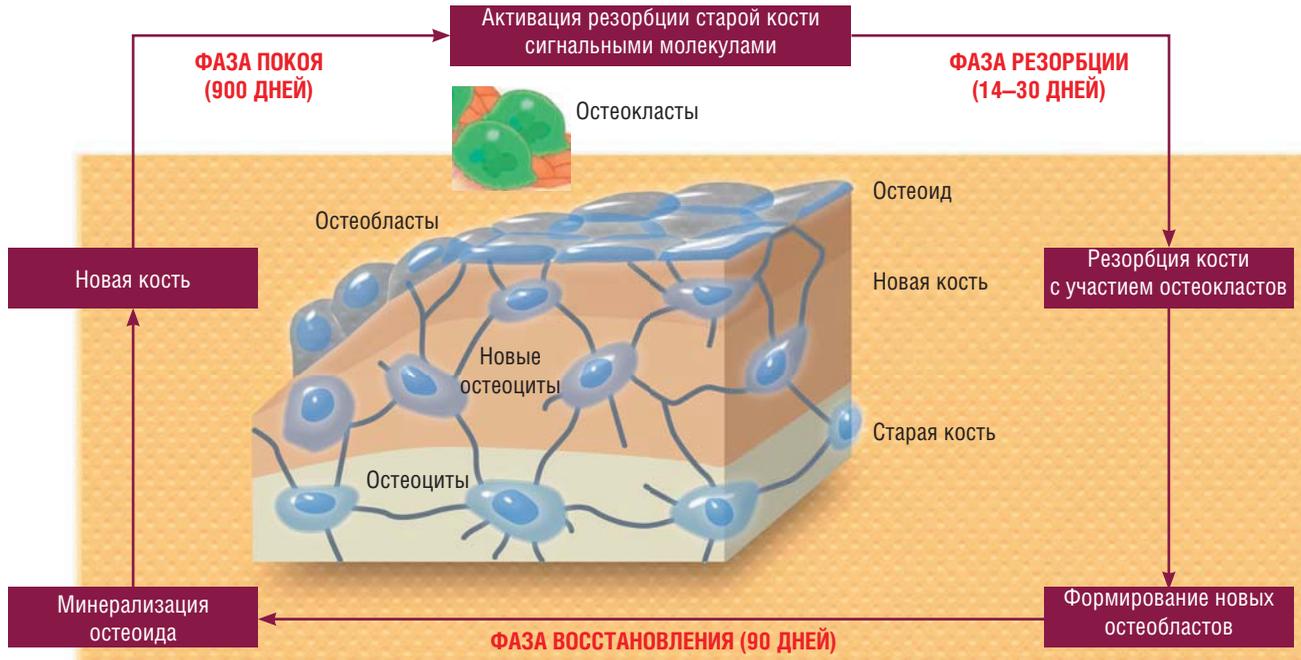
Важно, чтобы процесс ремоделирования шел сбалансированно: сколько «съедено», столько должно быть и наработано. Но, когда скорость разрушения костных тканей будет превышать скорость их обновления, начнет развиваться *osteoporosis*.

Остеопороз – это заболевание скелета, связанное с нарушением обменных процессов, что приводит к снижению прочности костей и, как следствие, к патологическим переломам. Такие переломы называют низкоэнергетическими, поскольку кость ломается уже при очень небольшом механическом воздействии на нее, чего у здорового человека не бывает.

Долгие годы считалось, что остеопороз – надуманная проблема, но статистические данные свидетельствуют о том, что это заболевание смертельно опасно. Многие пожилые люди не зря боятся перелома шейки бедра: пятая часть больных с таким диагнозом через год после травмы умирает, треть больных получают стойкую инвалидность, а подавляющее большинство имеют проблемы с самообслуживанием (Cooper, 1997). Цифры страшные...

## «Безмолвная» болезнь

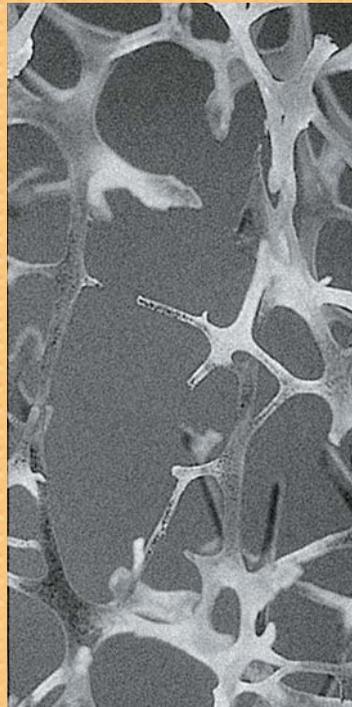
Скелет человека составляет около 15–20% массы его тела, но эта величина может значительно варьировать в течение жизни. Существует понятие *пиковой костной массы* – это наш «запас прочности», конкретнее – масса кальцифицированной костной ткани, которую человек накапливает в молодости и пронесит через всю жизнь, постепенно теряя к старости. У женщин этот «пик» наступает в 20–25 лет, у мужчин – лет на пять позже.



В тканях скелета постоянно идет процесс ремоделирования кости, в котором участвуют три типа клеток: остеобласты (молодые), остеоциты (зрелые) и остеокласты-«уничтожители». Отжившие свой век остеоциты подвергаются апоптозу (самоуничтожению) и поглощаются остеокластами. Остеобласты продуцируют, преимущественно из коллагена, костный матрикс – остеоид, который «цементируется» фосфатом кальция. Погруженные в твердый каркас остеобласты превращаются в остеоциты, неспособные к делению



а

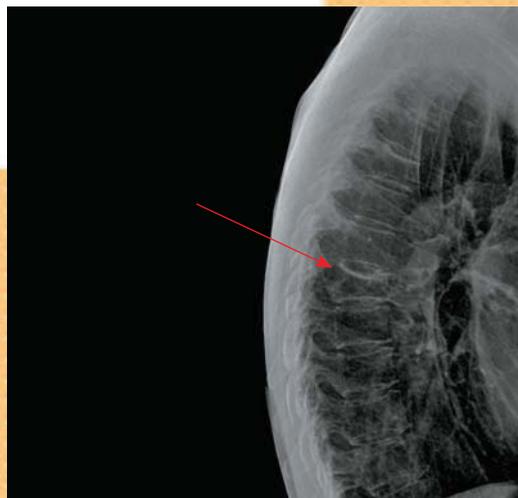
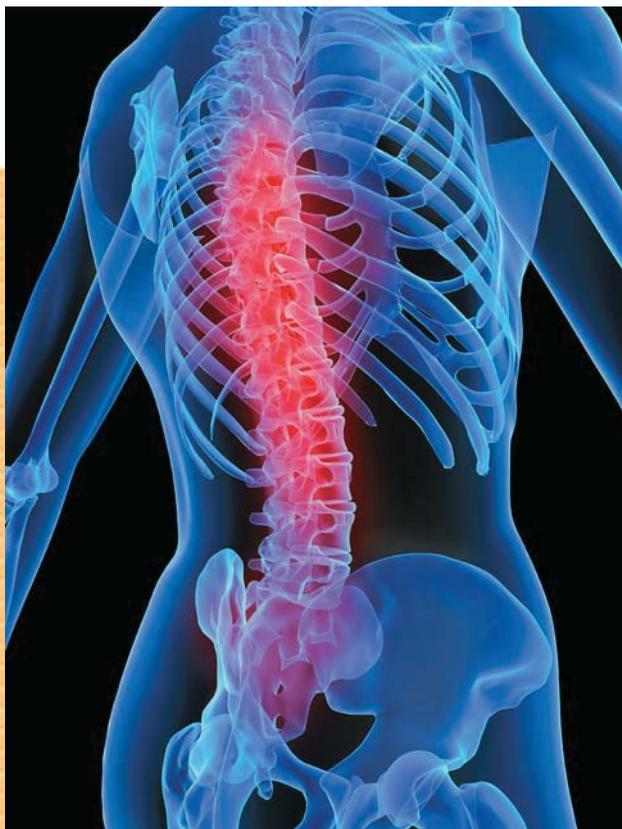


б

Затем начинается снижение костной массы: у мужчин – плавное, у женщин – критически резкое, начиная с менопаузы.

Различают *первичный* и *вторичный* остеопороз, который развивается на фоне других заболеваний, таких как сахарный диабет, ожирение, ревматоидный артрит и др. Основными факторами риска развития наиболее распространенного первичного остеопороза являются пожилой возраст и менопауза у женщин. Женские половые гормоны эстрогены угнетают функцию остеокластов, которые при снижении гормональной функции яичников «съедают» кость быстрее, чем она успевает восстановиться.

При остеопорозе меняется микроархитектура кости. По сравнению со здоровой костью (а), плотность минерального вещества снижается, а костные балки истончаются (б).  
© CC BY-SA 3.0. Some rights reserved by Gtirouflet



Опасность компрессионных переломов позвоночника в том, что при этом происходит разрыв костной ткани, который первоначально может никак себя не проявлять.

*Вверху:* типичный компрессионный перелом позвонка у пациентки с остеопорозом, форма позвонка изменилась по типу клиновидной деформации, он стал уплощенным.  
*Рентгенограмма (НИИКЭЛ СО РАН, Новосибирск)*

*Слева:* остеопороз позвоночника.  
© CC BY 2.0. Some rights reserved by Donut Crash

К факторам риска первичного остеопороза относятся также длительное лечение глюкокортикоидными гормонами, злоупотребление алкоголем, курение и неправильное питание. Отдельно стоит отметить генетическую предрасположенность, например, наличие остеопороза у матери, а также расовую принадлежность. Оказалось, к остеопорозу более склонны женщины белой и желтой рас по сравнению с негроидной.

Опасность всех заболеваний метаболизма, а остеопороз в этом смысле не является исключением, – в отсутствии яркой клинической картины. В отличие от инфекционных заболеваний, видимые признаки, позволяющие заподозрить остеопороз, появляются только по прошествии длительного времени с начала патологического процесса. Самые страшные из них (они же являются основными клиническими проявлениями болезни) – это переломы позвонков и трубчатых костей скелета, включая и столь печально известный перелом шейки бедра.

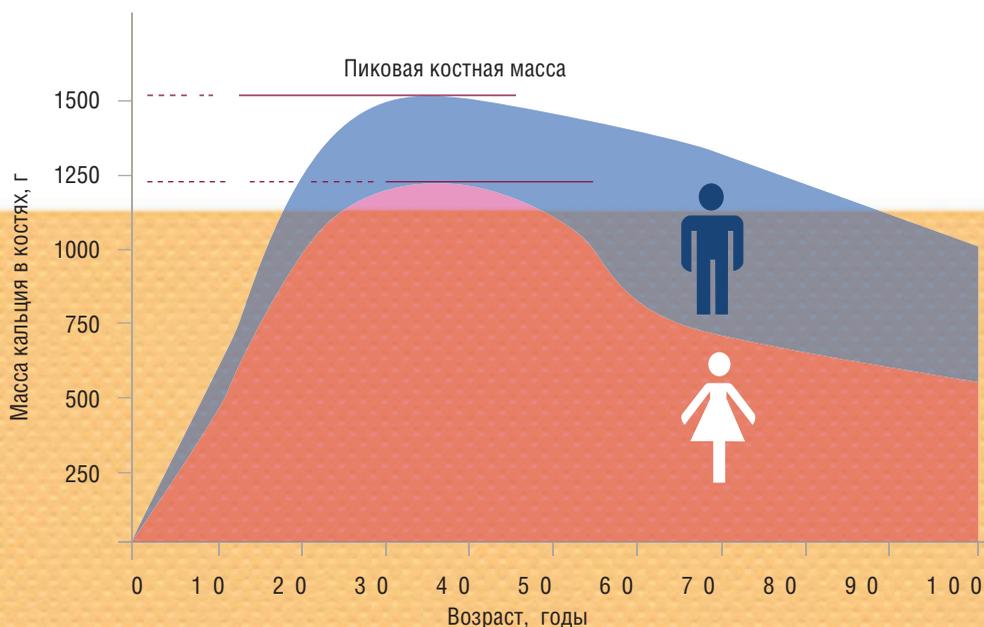
Диагностировать остеопороз можно и по менее явным признакам, таким как необратимые изменения осанки, боли в спине и пояснице, ночные судороги в нижних конечностях. Позвоночный столб можно представить в виде составленных друг на друге детских кубиков-позвонков, разделенных прослойками



Какая физическая нагрузка лучше всего подходит для профилактики остеопороза? Ведь бодибилдинг, поднятие тяжестей – это риск. Может быть, лучше танцы?

Медики в этом плане непритязательны и руководствуются тезисом, что любая физическая нагрузка лучше, чем ее отсутствие. Но наиболее физиологичные – ходьба, бег, плавание





При взрослении человек набирает свою личную пиковую массу кальцифицированной костной ткани, которую пронесет через всю жизнь, понемногу теряя к старости. Пика этой массы женщины достигают раньше, чем мужчины, и у последних тренд ее снижения гораздо более плавный. У женщин же этот спад критически резкий, что связано с возрастным ослаблением функции яичников. © 1999–2018, Rice University. CC BY 4.0



Говорят, что потреблять много кальция вредно, это способствует образованию камней в почках, ведет к проблемам с суставами. Это так? И как лучше принимать кальций: в виде лекарственных препаратов или с пищевыми продуктами?

Можно съесть очень много кальция, но усвоится его очень мало — организм умеет защищать себя от его избытка. Однозначно ответить на вопрос об источниках кальция нельзя: если с питанием не поступает нужное количество этого элемента, приходится принимать соответствующие препараты. Но для профилактики остеопороза они не обязательны



хрящевой ткани. При разрежении костной ткани и самопроизвольной деформации позвонков их высота уменьшается. Соответственно уменьшается и рост человека, поэтому при «укорочении» более чем на 2,5 см в год нужно бить тревогу и без дополнительных исследований начинать лечение.

Диагноз «остеопороз» можно поставить и с помощью обычной доступной и дешевой *рентгенографии* позвоночника, но только в случае, когда переломы позвонков уже есть. Тогда как основной задачей лечения остеопороза является предупреждение самих переломов.

Поставить диагноз на ранних стадиях болезни позволяет рентгеновская или ультразвуковая *денситометрия скелета* — метод определения минеральной плотности костной ткани (количества минерализованной костной ткани в сканируемой площади). Это обследование рекомендуют всем женщинам старше 50 лет и мужчинам старше 70 лет, но в случае необходимости его стоит пройти и в более раннем возрасте (ISCD, 2007).

## И вновь здоровый образ жизни

Можем ли мы влиять на процесс накопления-потери костной массы? Генетические и гормональные факторы практически не поддаются контролю и коррекции, в отличие от двух других — питания и физической нагрузки.



Характерные изменения осанки при остеопорозе можно проследить по фотографиям Елизаветы II, королевы Великобритании. На снимке, сделанном в Новой Зеландии в 1953 г. (слева), шейный, поясничный и грудной отделы позвоночника молодой стройной женщины находятся на одной линии. А на фото, сделанном 64 года спустя (справа), хорошо заметно остеопоротическое изменение осанки, служащее одним из первых проявлений этой болезни. © CC BY 2.0. Some rights reserved by Archives New Zealand и © CC BY 2.0. Some rights reserved Gareth Fuller/PA Wire

Что касается рациона, то, если коротко, он должен содержать необходимые дозы кальция и витамина D. По рекомендациям ВОЗ, взрослый человек должен потреблять не менее 1–1,2 г кальция в день, причем в определенном соотношении с фосфором (1 : 1,5). Эквивалент профилактической дозы кальция – два стакана молока в день, но его много и в других молочных продуктах, особенно сырах, а также в семечках, орехах, листовой зелени и т. д.

Однако недостаточно просто потреблять кальций. Известно, что остеопороз способен прогрессировать и при сохранении уровня кальция в крови в пределах нормы из-за дефицита витаминов группы D и фосфора, что препятствует его связыванию в костной ткани. Витамины D3 (синтезируется в коже под действием ультрафиолетовых лучей) и D2 (поступает с пищей) способствуют всасыванию кальция из тонкого кишечника. По некоторым данным, в России, в том числе в Сибири, у населения из-за особенностей потока падающего солнечного излучения наблюдается дефицит



Помогает ли избежать развития постменопаузального остеопороза назначение заместительной гормональной терапии?

Безусловно, да. Хотя в России это направление не очень популярно, так как люди у нас боятся гормональной терапии. Это лечение, конечно, имеет риск побочных эффектов, как и любое другое



## БОЛЕЗЬ БЕХТЕРЕВА ПОРАЖАЕТ МОЛОДЫХ

В последнее время акцент делается на том, что медицина должна быть персонализированной и, главное, предсказательной, чтобы врачи имели возможность заниматься профилактикой заболевания. Например, предотвратить развитие вторичного остеопороза у пациентов со спондилоартритами.

Речь идет о группе ревматических заболеваний, характеризующихся воспалительными процессами в суставах позвоночника и конечностей. Самый яркий и самый тяжелый по прогнозу – анкилозирующий спондилит, или *болезнь Бехтерева*. При этой болезни происходят необратимые изменения в позвоночнике: в нем медленно, но верно накапливаются соли кальция, что приводит к потере подвижности. В запущенных случаях человек превращается в «знак вопроса».

Болезнью Бехтерева страдают в основном молодые мужчины (пик заболеваемости приходится на 18–20 лет), а ее встречаемость в популяции составляет около 0,6–0,8%, что немало (Губарь, 2012; Briot, 2015; Kilic, 2015). При этом среднестатистический больной получает точный диагноз лишь через 5–7 лет после появления первых симптомов. Дело в том, что, с одной стороны, молодые люди в принципе не слишком охотно обращаются за медицинской помощью, привыкая к утренней скованности и слабому болевому синдрому. С другой стороны, врачи не всегда стремятся разобраться в подобных жалобах. Отдельную проблему представляют военкоматы. До недавнего времени медицина мало что могла предложить таким больным. Кроме того, встречаются тяжелые формы, плохо поддающиеся даже современным методам терапии.

Для болезни Бехтерева характерно раннее и очень быстрое формирование вторичного остеопороза, причем на ранней стадии болезни нарушения метаболизма кости не позволяю

The screenshot shows the FRAX® web application interface. At the top, there's a navigation bar with 'Дома', 'Инструмент расчета', 'Бумага', 'Графики', 'Вопросы и ответы', and 'Ссылки'. The main heading is 'Инструмент для расчета'. Below it, there's a brief instruction: 'Для подсчета 10-летней вероятности перелома с использованием МПК ответьте на следующие вопросы.' The questionnaire consists of 12 items, including age, sex, weight, height, previous fractures, smoking, glucocorticoid use, rheumatoid arthritis, secondary osteoporosis, alcohol consumption, and bone mineral density (BMD). There are radio buttons for 'нет' (no) and 'да' (yes). On the right side, there are conversion tools for weight (Pounds to kg) and height (Inches to cm). At the bottom right, there's a unique identifier '00230247' and a note: 'Количество людей, у которых с 1 января 2012 г. произведен подсчет FRAX®'.

Инструмент FRAX®, разработанный ВОЗ для оценки риска переломов у человека, учитывает клинические факторы риска и минеральную плотность костной ткани в шейке бедра. Алгоритм FRAX успешно применяется у женщин в постменопаузе и мужчин 50 лет и старше для оценки вероятности основных остеопоротических переломов на ближайшие 10 лет. *Вверху*: компьютеризированный вариант FRAX

набрать пиковую костную массу, что повышает риск переломов. К счастью, остеопороз развивается не у всех таких больных, и сейчас врачи, в том числе и в нашем Научно-исследовательском институте клинической и экспериментальной лимфологии (НИИКЭЛ), пытаются разработать предсказательные алгоритмы, чтобы понять, у кого он будет, а у кого нет.

Вообще обычные методы диагностики остеопороза в случае болезни Бехтерева не годятся. Например, денситометрический метод может создать ложное впечатление наличия плотной костной ткани за счет очагов патологического окостенения связок. Да и сами больные зачастую физически неспособны лежать на спине при этой процедуре.

К слову сказать, в мире существуют и так называемые «рискометры» – популярны методы определения рисков переломов в будущем, которые основаны на заполнении опросников. Пример – проект FRAX®, благодаря которому появился своего рода «калькулятор» для определения величины 10-летнего риска основных остеопоротических переломов, работающий на основе статистики, собранной в рамках референс-группы в разных странах. На сайте FRAX любой человек может выбрать из списка конкретную страну, заполнить анкету и получить соответствующий прогноз.

К сожалению, такой прогноз будет адекватен только для лиц старше сорока лет, которые еще не лечились от остеопороза. К пациентам с болезнью Бехтерева это не относится. В НИИКЭЛ мы сегодня создаем рискметр, который сможет определить вероятность развития остеопороза именно у таких больных. В отличие от FRAX, мы включаем в диагностические матрицы генетические маркеры. Их преимущество в том, что они не зависят от образа жизни человека, стадии заболевания и активности патологического процесса.

В качестве основных маркеров мы выбрали гены, кодирующие цитокины – небольшие информационные пептиды, регулирующие межклеточные

Денситометр для измерения минеральной плотности костной ткани внешне напоминает стол. Внутри этого «стола», на который прямо в одежде ложится пациент, проходит рентгеновская трубка. При исследовании сверху над пациентом ездит принимающий элемент, который и снимает показатели. Доза рентгеновского облучения при этом настолько небольшая, что никакой дополнительной защиты не требуется. Все обследование занимает несколько минут. *Фото автора*



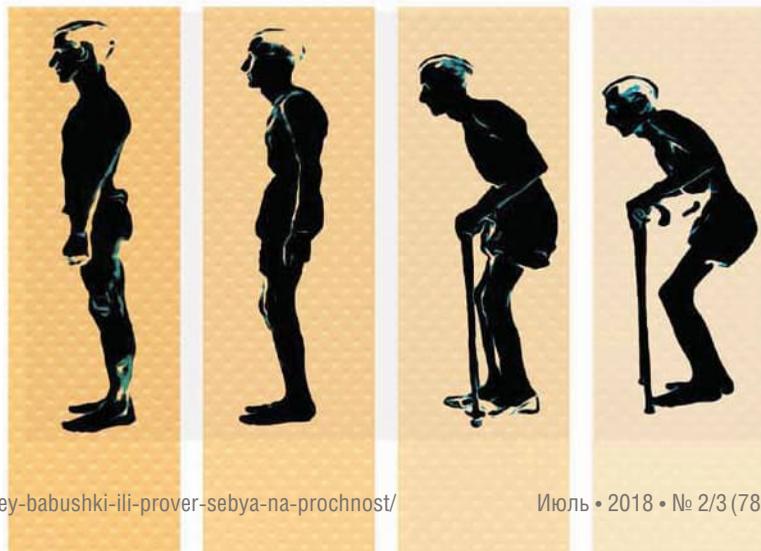
взаимодействия и обеспечивающие согласованность действия иммунной, эндокринной и нервной систем организма. В числе прочего они участвуют и в регуляции процессов костного ремоделирования.

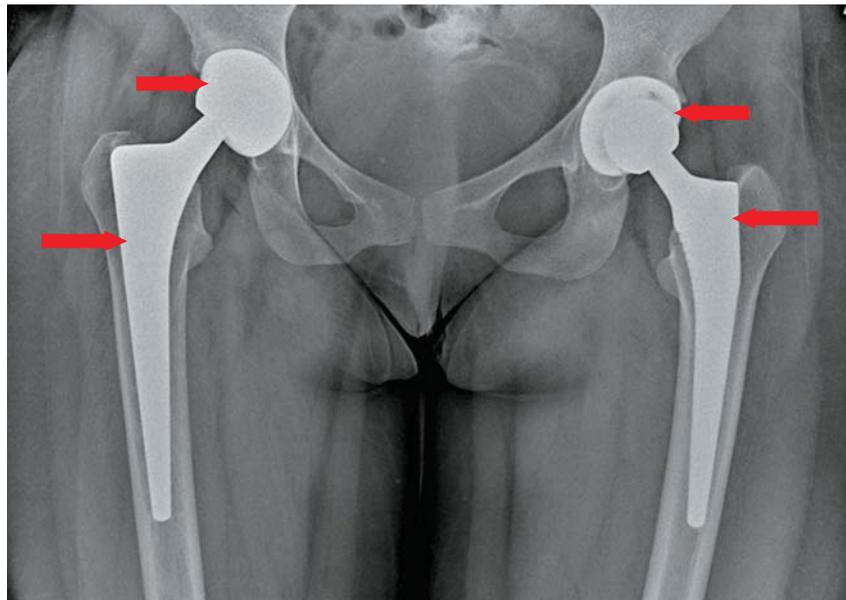
Гены цитокинов отличаются функциональным *полиморфизмом* (изменчивостью), и анализ частоты встречаемости определенных комбинаций генных вариантов (*аллелей*) позволяет персонализировать прогноз заболевания. Другими словами, предсказать вероятность тяжелого течения болезни и риск формирования остеопороза именно для конкретного больного, а также его чувствительность к различным лекарственным препаратам. От этого будет зависеть выбор тактики лечения болезни и методов профилактики вторичного остеопороза. Работа над рискметром – дело долгих лет, наш метод еще не стал общепризнанным и сертифицированным инструментом. Но для «внутреннего пользования» мы его уже применяем, получая неплохие результаты. И это наш, пусть и небольшой, «кирпичик» в здание будущей победы над этим коварным заболеванием.

**Сегодня в новосибирском НИИ клинической и экспериментальной лимфологии работает Центр антицитокиновой терапии, где используются самые современные способы лечения болезни Бехтерева – терапия моноклональными антителами к фактору некроза опухоли альфа и интерлейкину 17. Это очень эффективные препараты, хотя помогают они не всем, и к тому же они дорогие, поэтому очень важно уметь прогнозировать эффективность лечения**

этого витамина, но его можно компенсировать, включая в рацион рыбу, особенно жирную, морепродукты, яйца и т. п. Кстати сказать, эти же продукты содержат много фосфора, а еще его много в молочных продуктах (особенно сырах), мясе, а также в кукурузе, бобовых, семенах и брокколи.

В наших костях содержится около 18% от суммарного белка тела. Можно считать доказанным, что риск развития





На рентгенограмме видны эндопротезы тазобедренных суставов, которые были установлены пациенту с последней стадией полиартрита. (НИИКЭЛ СО РАН, Новосибирск)

У пожилых людей, помимо хрупкости костей, обычно развивается еще и мышечная слабость (саркопения), поэтому риск падения намного возрастает, причем такой человек падает специфическим образом – на бок. Именно так чаще всего ломается шейка бедра. Существует простой тест для определения подобного риска: 5 раз встать и сесть на стул без помощи рук. Если вы потратите на это больше 10 сек., вы – в группе риска. В этом случае ваш быт должен быть устроен так, чтобы минимизировать шансы упасть: на полу не должны располагаться провода, лучше избавиться от порогов и ковров и т. п. Для профилактики переломов созданы протекторы бедра, специальные защитные накладки, бандажи на поясничный отдел, но они, к сожалению, не всегда помогают

заболевания вызывает как повышенное, так и пониженное (особенно у молодых) потребление белковой пищи.

Нужно добавить, что прочность скелета зависит, очевидно, еще от целого ряда других витаминов, микро- и макроэлементов. К примеру, недостаток меди и цинка приводит к изменению структур опорно-двигательного аппарата, а хром непосредственно участвует в процессе транспорта кальция к обновляющейся кости. Поэтому главный «гастрономический» совет банален: питание должно быть разнообразно и сбалансировано. Добиться этого в случае, например, вегетарианской диеты довольно сложно. Такая диета особенно опасна в молодости, когда идет набор пиковой костной массы, – это прямая дорога к остеопорозу в старости. Кстати сказать, потребление алкоголя в умеренных количествах также способствует снижению риска развития остеопороза (Turner, 2000).

Но еда – лишь одна сторона медали. Для снижения риска развития остеопороза жизненно необходима адекватная физическая нагрузка, которая позволяет не только сформировать необходимую пиковую костную массу, но и понизить темпы ее потери с возрастом. Известен и эксперимент, когда доброволец, здоровый молодой человек атлетического сложения, три месяца провел в лежачем положении. Он не только потерял за это время 8 кг мышечной массы, но и, как показал денситометрический анализ, его кости стали более хрупкими (Giangregorio, Mccartney, 2006).

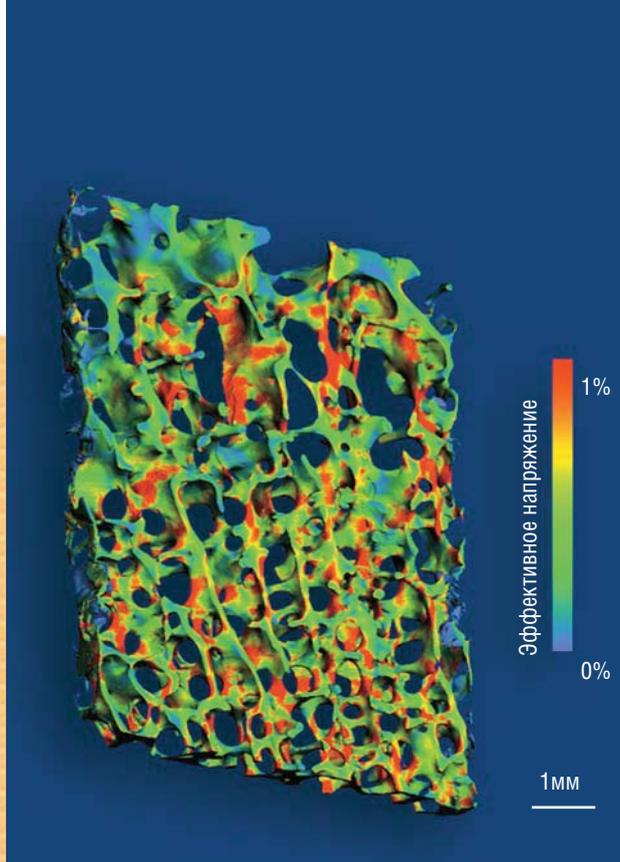
Однако современный среднестатистический ребенок ест много углеводов, пьет пепси-колу с высоким содержанием ортофосфорной кислоты, способствующей вымыванию кальция, много сидит за компьютером и вообще мало двигается. И это дает свои плоды: костная масса у детей и подростков сегодня ниже, чем пару десятков лет назад. Нетрудно предсказать, какое значение приобретет проблема остеопороза уже в недалеком будущем.



Из-за чего конкретно умирают после перелома шейки бедра?

Если обобщенно – из-за потери способности адекватно передвигаться, что влечет целый каскад осложнений: жировую эмболию, венозные тромбозы, застойные пневмонии и т. д.





Ученые из Швейцарского федерального технологического института и *IBM Research* (Швейцария, Цюрих) с 2008 г. используют суперкомпьютеры для имитации человеческих костных структур. Эти исследования направлены на помощь практикующим врачам, занимающимся диагностикой и лечением остеопороза, чтобы они смогли быстро и точно оценить состояние (плотность и хрупкость) костей. Слева: симуляция на основе реального образца костной ткани позвонка человека.  
© CC BY-ND 2.0 Some rights reserved by IBM Research

У сегодняшней «популярности» проблемы остеопороза три основные причины. Во-первых, это увеличение продолжительности жизни людей, в результате чего население Земли стремительно «стареет». А так как остеопороз рано или поздно развивается у всех, то с возрастом у человека увеличивается шанс дожить до его клинических проявлений. Во-вторых, развитие рентгенологических методов диагностики позволяет определить болезнь на относительно ранних стадиях и заблаговременно принять меры.

Наконец, интерес к остеопорозу поддерживается и благодаря освоению космоса! В условиях невесомости кость очень быстро теряет прочность, поэтому, когда космонавты приземляются, их переносят на носилках, а затем они медленно восстанавливаются под врачебным контролем. Именно в силу этой «космической» причины препараты для лечения остеопороза в течение долгих лет были засекречены.

Сегодня лекарств против остеопороза много, что неслучайно: лечение этой болезни без применения медикаментозных средств практически невозможно. Одни из этих препаратов влияют на процессы разрушения кости, т. е. функцию остеокластов, другие – на костеобразование, т. е. функцию остеобластов, третьи – на оба типа клеток. Стоимость препаратов тоже разная: от сотни рублей за минерально-витаминные добавки до нескольких тысяч за бисфосфонаты третьего поколения, эффективно замедляющие процесс резорбции кости.

Лечение должен обязательно подбирать врач, с учетом и индивидуальных особенностей организма, и финансовых возможностей пациента. Кстати сказать, препараты кальция применяют, вопреки общепринятому мнению, только для профилактики, но не для лечения остеопороза.

И конечно, нужно понимать, что ни одно из современных лекарств не способно остановить бег времени, но достижениями современной науки и медицины вполне по силам затормозить его для наших костей.

#### Литература

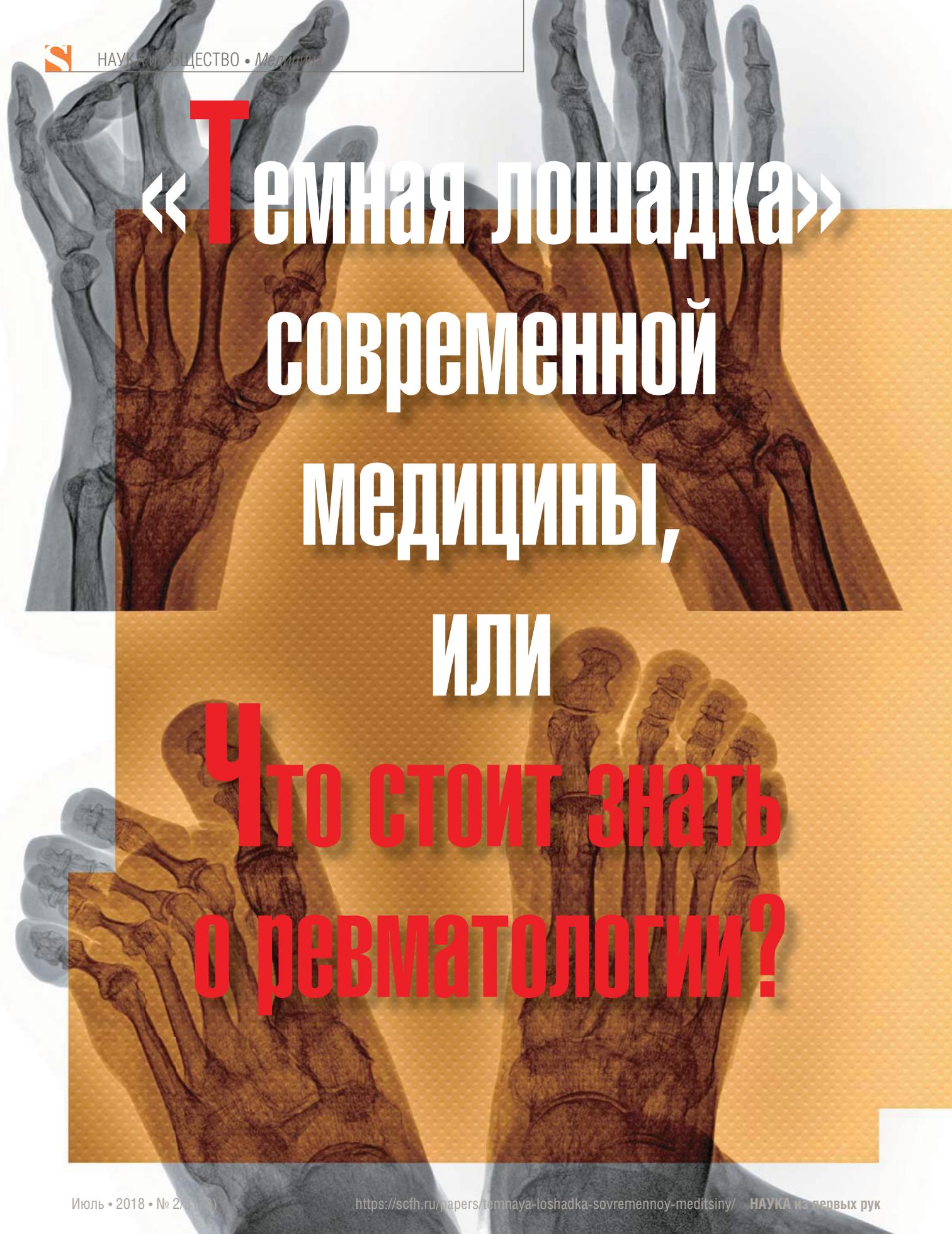
Адлер Р.А., Байскобинг Д.М., Болоньезе М.А. *Остеопороз. Диагностика и лечение*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 288 с.

Бартл Р. *Остеопороз. Профилактика, диагностика, лечение*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 287 с.

Боринштейн Д. *Избавься от боли в спине*. М.: Рипол, 2004. 512 с.

Кругляк Л.Г. *Остеопороз. Тихая эпидемия XXI века*. Центрполиграф, 2014. 220 с.

*Остеопороз* / Под ред. О.М.Лесняк, Л.И.Беневоленской. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 272 с.



«**Т**емная лошадка»

СОВРЕМЕННОЙ

МЕДИЦИНЫ,

ИЛИ

**Ч**ТО СТОИТ ЗНАТЬ  
О РЕВМАТОЛОГИИ?

*Что такое медицина – искусство или наука? Начав с интуитивных манипуляций и постепенно накапливая опыт, «лечебное искусство» все активнее интегрировало чисто научные методы и подходы. В истории медицины как науки можно выделить переломные моменты, связанные с открытиями микроорганизмов, механизмов иммунитета и другими фундаментальными достижениями. В результате появился целый ряд новых медицинских дисциплин, в том числе ревматология, о которой мало знают не только пациенты, но и врачи других специальностей*

**Б**лагодаря опорному «каркасу», сформированному соединительной тканью, мы радикально отличаемся от «жидких» амёб. К соединительной ткани относят, к примеру, кровь и лимфу, кости и хрящи; она входит в состав жировой клетчатки и слизистой. Эта ткань связывает все воедино, составляя половину нашего тела и выполняя не только опорную, но и защитную и трофическую функции.

Заболеваниями соединительной ткани занимается ревматология – одна из самых молодых специальностей, получившая самостоятельность лишь в середине XX в., хотя еще во II в. знаменитый античный врач Гален ввел термин «ревматизм» для общего обозначения заболеваний опорно-двигательного аппарата. Но только с XVII в. стали появляться описания отдельных болезней, а быстрое развитие ревматологии в последние десятилетия было вызвано как открытиями механизмов иммунитета, так и улучшением диагностических возможностей.

В наши дни, по данным ВОЗ, около 100 млн европейцев страдают различными ревматологическими заболеваниями. О реальной ситуации в нашей стране судить трудно, так как учет заболеваемости ведется только по наиболее серьезному заболеванию пациента (например, при одновременном наличии сердечной патологии будет учитываться только она одна). Между тем по затратам на лечение ревматология немногим уступает самой «дорогостоящей» области медицины – онкологии, что связано с необходимостью постоянного приема весьма недешевых препаратов, отмена которых может спровоцировать всплеск болезни.

Поскольку соединительная ткань есть везде, то и ревматологам приходится иметь дело с разнообразным проявлением заболеваний, поражающих не только суставы,



ОМЕЛЬЧЕНКО Виталий Олегович – врач-ревматолог, врач-терапевт ревматологического отделения, младший научный сотрудник лаборатории патологии соединительной ткани Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной лимфологии – филиала Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск), аспирант кафедры терапии, гематологии и трансфузиологии ФПК и ППВ Новосибирского государственного медицинского университета. Автор и соавтор 18 научных работ

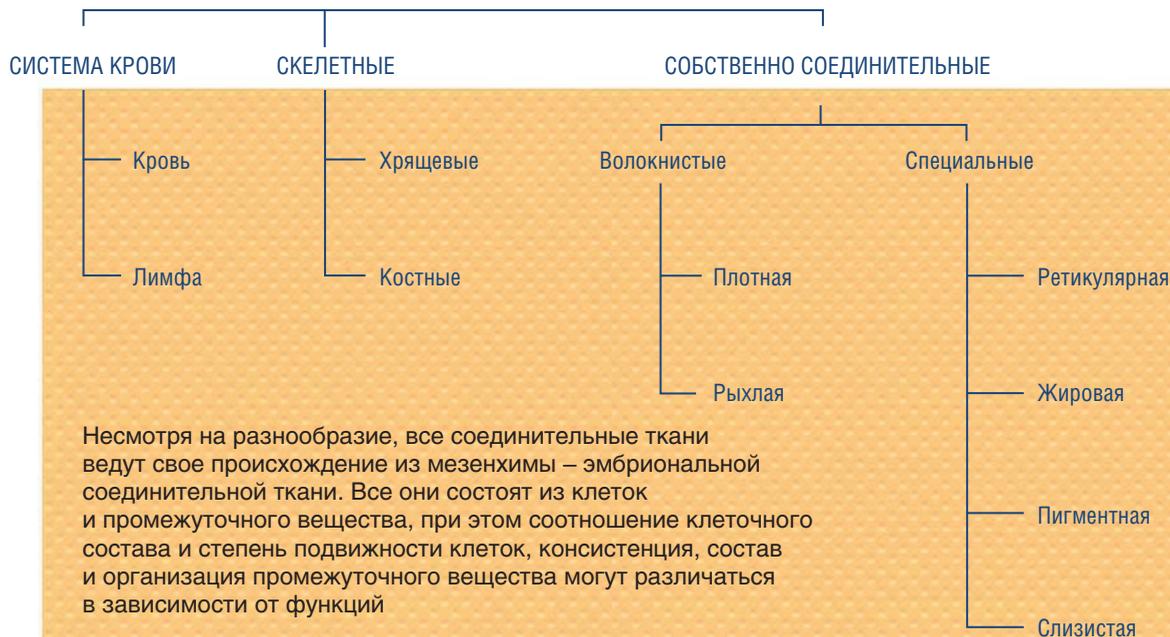
**Ключевые слова:** ревматология, артрит, воспалительная боль в спине, системные заболевания соединительной ткани.

**Key words:** rheumatology, arthritis, inflammatory back pain, connective tissue disease

Статья подготовлена на основе публичной лекции, прочитанной автором в июне 2018 г. в одном из баров новосибирского Академгородка во время «Ночи научных историй», которую организовала команда фестиваля EUREKA! FEST



## СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ



но и сердце, легкие, почки, нервную систему и т.д. Поэтому практически всегда ревматологи должны работать в тесной связке с другими специалистами. К сожалению, немногие из врачей других специальностей, не говоря уже о пациентах, хорошо знакомы с ревматологией. А так как самих ревматологов крайне мало, то необоснованные направления на обследования не позволяют вовремя попасть на консультации людям, действительно нуждающимся в специальном лечении.

В основе ревматологических заболеваний чаще всего лежит *аутоиммунный процесс*, при котором иммунная система организма начинает воспринимать собственные ткани как чужеродные и повреждать их в результате воспаления. Первопричина же в большинстве случаев неизвестна: считается, что такие патологические реакции иммунной системы обусловлены взаимодействием факторов наследственной природы и окружающей среды.

### Что лечим?

Число ревматологических заболеваний достигает сотни, но лишь некоторые из них встречаются достаточно часто. Сложность их диагностики в том, что одна и та же болезнь может иметь множество различных проявлений, а разные болезни – схожие симптомы. Каждый ревматологический больной – это загадка, и правильная расстановка акцентов напрямую связана с опытом и квалификацией врача.

Самый распространенный симптом (не болезнь!), с которым пациенты попадают на прием, – *артрит*, общее название для боли и припухлости сустава. Есть более сотни различных видов артрита и, соответственно, ассоциированных с ними патологических состояний. При этом важно различать поражения непосредственно сустава и околоуставных тканей, так как боль, припухлость и скованность часто бывают результатом травм, лечением которых ревматология напрямую не занимается.

**Существует общее заблуждение, что ревматологи занимаются только пожилыми людьми, страдающими больными суставами. Между тем многим больным нет и 40 лет, а часть из них и вовсе не достигла совершеннолетия**

Кости и хрящи относятся к опорной соединительной ткани. Такая ткань в основном состоит из коллагеновых волокон, которые придают ей жесткость, а прочность костной ткани придают отложения солей кальция.

*Справа:* рентгенограмма кисти, на которой видны пораженные остеопорозом участки костей (более темные места) около воспаленных суставов

«Наша» болезнь – *остеоартрит*, в его основе лежит истончение хряща, который в норме выполняет амортизационную функцию: при наличии *синовиальной* (внутрисуставной) жидкости коэффициент трения двух хрящевых поверхностей в 15 раз ниже, чем между двумя кубиками льда.

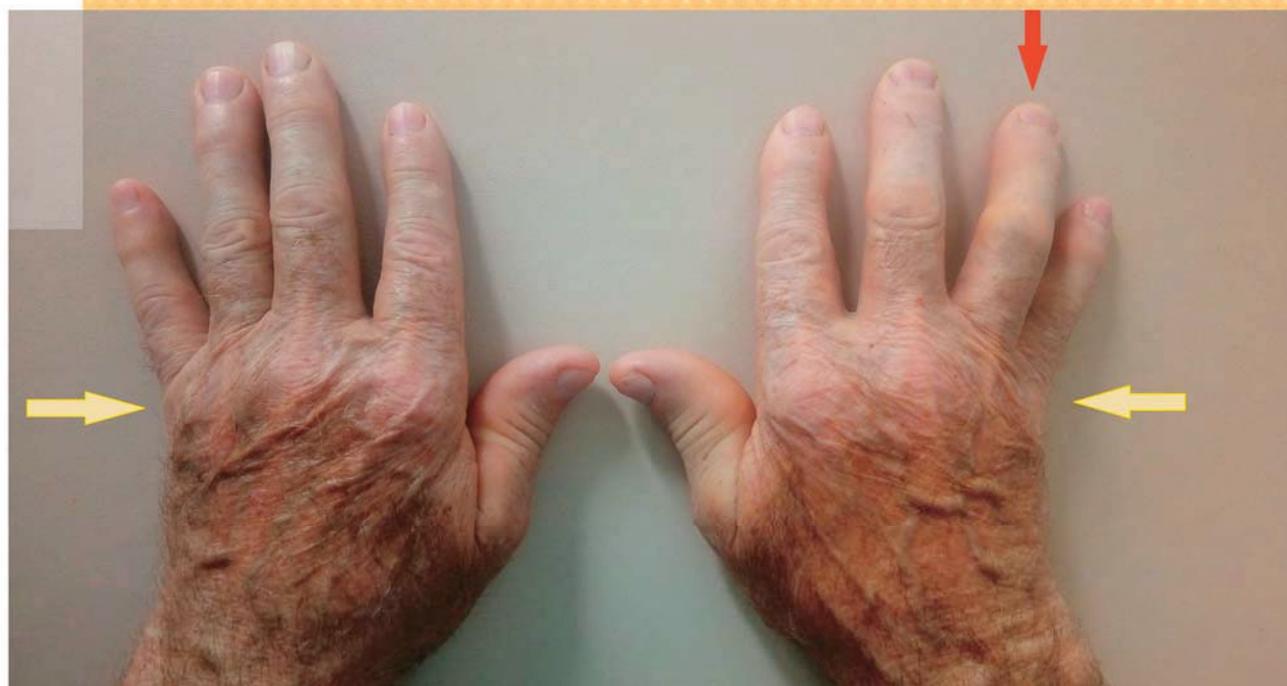
Основные факторы развития остеоартрита – пожилой возраст, травма и выполнение однотипных, часто повторяющихся движений. Повреждение хряща приводит к «царапанию» надкостницы *остеофитами* (патологическими костными наростами) и растяжению капсулы сустава, что вызывает ноющую боль, усиливающуюся при нагрузке. Интересно, что степень болезненности не всегда соответствует степени поражения сустава: у 90 % людей старше 40 лет есть рентгенологические признаки остеоартрита, но лишь треть из них жалуются на боли (Харрисон, 2005). В большинстве случаев постоянного лечения у ревматолога даже и не требуется: достаточно наблюдаться у терапевта и соблюдать рекомендации.

**Направление к ревматологу должны получать пациенты с жалобами на боль воспалительного характера, которая концентрируется вокруг одного или нескольких суставов, либо на изменение формы, структуры и работоспособности суставов при отсутствии очевидных причин. Рекомендуется провериться у ревматолога и при наличии родственников с подобными заболеваниями, так как ко многим таким болезням имеется наследственная предрасположенность**

Ранее считалось, что остеоартрит является полностью дегенеративным заболеванием, но в последние годы получены доказательства роли воспаления в развитии этой патологии.

Однако существуют и истинно воспалительные артриты. Их типичным представителем является *ревматоидный артрит* – аутоиммунное заболевание соединительной ткани, поражающее преимущественно мелкие суставы (иногда в процесс могут вовлекаться





При ревматоидном артрите в первую очередь обычно воспаляются мелкие суставы обеих рук с одновременным поражением лучезапястных суставов (*слева вверху*). Постепенно болезнь приводит к деформации пальцев, в результате чего они фиксируются в полусогнутом положении, утрачивая способность к разгибанию, – формируется контрактура (*слева внизу*).

*Красная стрелка* – контрактура, *желтые стрелки* – «ластообразная» деформация кистей

легкие, система кровотока, сосуды). Эта болезнь имеет черты онкологического процесса, поскольку в его основе лежит неконтролируемое разрастание ткани синовиальной оболочки, выстилающей суставы, что приводит к необратимому повреждению сустава.

Ревматоидный артрит развивается при потере иммунологической толерантности к собственным тканям организма. Провоцирующий фактор неизвестен, а появление аутоантител и постепенное повышение *C-реактивного белка*, характерного маркера воспалительного процесса, отмечается еще за несколько лет до первого обращения к врачу. Начинается болезнь в молодом возрасте (30–35 лет), причем женщины страдают в 3 раза чаще мужчин. Генетические маркеры, свидетельствующие о предрасположенности к развитию этого заболевания, известны, но однозначно они с ним не ассоциированы. Механизм развития заболевания пока неясен и активно изучается во всем мире.



Как влияет на развитие ревматологических заболеваний чрезмерная физическая нагрузка?

Избыточная нагрузка приводит к травме сустава и повреждению клеток, «высвобождению» различных клеточных антигенов. А так как при попытке организма залечить травму иммунная система активируется, иммунные клетки могут «опознать» эти антигены как «чужие». Это может спровоцировать аутоиммунное заболевание, если есть предрасположенность



Ревматоидный артрит приводит к выраженному повреждению многих суставов. На рентгенограмме кистей пациента на поздней стадии болезни видно, что практически все кости в лучезапястном суставе разрушились, заметна неровность контуров, деформация и сужение суставных щелей остальных суставов





К тяжелым хроническим воспалительным заболеваниям желудочно-кишечного тракта относится болезнь Крона, вызванная, предположительно, патологической реакцией иммунитета на кишечную флору и вещества, поступающие в кишечник. Одним из внекишечных проявлений болезни являются поражения суставов. Слева: рентгенограмма тазобедренного сустава с полностью разрушенной головкой у 36-летнего пациента с болезнью Крона

После появления первых симптомов примерно в течение полугода существует возможность если не полностью обратить процесс вспять, то хотя бы «пригасить» его и не допустить разрушения тканей. Успех зависит от раннего и достаточно серьезного лечения. Для своевременной диагностики очень важно обратить особое внимание на следующие признаки, которые говорят о срочной необходимости посетить ревматолога: утренняя скованность более получаса, припухлость или болезненность трех и более суставов, слабость в кистях рук и боль при тесте поперечного сжатия кисти.

## Утром болит спина?

Еще один важный симптом ревматологического заболевания – *воспалительная боль в спине*. И это не та боль, которая возникает после тяжелой физической нагрузки и проходит после отдыха: в этом случае спина болит утром, когда человек только проснулся.

Согласно статистике, молодой пациент с подобными жалобами может до 10 лет мигрировать между различными специалистами – неврологами, ортопедами, терапевтами – с такими диагнозами, как «остеохондроз», «межпозвоночная грыжа» и т. д., пока, наконец, не попадет к ревматологу (Дубинина, Эрдес, 2010). И за это время у него сформируются необратимые изменения, которых можно было бы избежать при своевременной диагностике.

Воспалительная боль в спине сопровождается целую группу заболеваний, именуемую *спондилоартропатией*, при которых поражаются суставы позвоночника.

Типичным представителем данной группы является *анкилозирующий спондилит*, или *болезнь Бехтерева* –

хроническое воспалительное заболевание позвоночника и крестцово-подвздошных сочленений, протекающее также с поражением периферических суставов и участков прикрепления связочно-сухожильного компонента сустава к кости, поражением глаз (*увеит*) и луковицы аорты (*аортит*) (Ревматология: национальное руководство, 2008).

Ранее считалось, что болезнь Бехтерева поражает только мужчин, но не так давно его активно начали выявлять у женщин. Кроме того, у женщин клиническая картина имеет свои особенности: чаще поражается шейный отдел позвоночника, для начала болезни характерен периферический артрит, более доброкачественное течение заболевания в целом. Общепризнанным предрасполагающим фактором служит носительство одного из генов главного комплекса гистосовместимости HLA B27. Но не надо сразу паниковать: хотя 90 % больных имеют этот ген, среди его носителей болезнь развивается лишь в 1–2 % случаев. Однако, помимо HLA B27, выявлено еще более шести десятков потенциально «рискованных» генных локусов (Ranganathan, 2017).

Покой таким больным противопоказан: они должны заниматься зарядкой не менее получаса 4 раза в день, чтобы сохранить подвижность позвоночника. При отсутствии регулярной правильной физической нагрузки быстро наступают необратимые изменения, что приводит к инвалидности.

Характерным признаком *псориазического артрита* (поражения суставов и позвоночника у больных псориазом) служат *дактилиты* – воспалительные процессы в пальцах кисти или стопы. При этом у 70 % больных псориазом поражение кожи возникает раньше поражения суставов (Коротаева, Корсакова, 2018).

**Прогрессирование анкилозирующего спондилита (болезни Бехтерева), в противоположность ревматоидному артриту, связано с пролиферацией костной ткани, что проявляется, в частности, и процессом анкилозирования позвоночника (сращения суставных концов сочленяющихся позвонков). В результате позвоночник укорачивается, деформируется и теряет подвижность. При отсутствии лечения болезнь может привести к полной обездвиженности позвоночника, больной приобретает «позу просителя» (согнутые в локтях руки, сутулая спина, склоненная голова, ноги, чуть согнутые в коленях)**

Считается, что развитие этого заболевания связано с активацией клеточного иммунитета и смещением баланса в сторону воспаления. В отличие от болезни Бехтерева, в этом случае поражаются преимущественно периферические суставы, а не позвоночник. Часто страдают дистальные межфаланговые суставы, которые при ревматоидном артрите практически не поражаются из-за отсутствия в них синовиальной оболочки.

Еще одно заболевание из группы спондилоартритов – *реактивный артрит* – возникает в результате строго определенных кишечных или половых инфекций. Большинство случаев связано с поражением хламидиями. Но, поскольку выделение самих микроорганизмов из сустава не увенчалось успехом, была выдвинута теория *иммуопосредованного воспаления* в результате действия комплексов антиген-антитело. Начало заболевания приходится на возраст 20–40 лет, причем и в этом случае мужчины заболевают гораздо чаще женщин.

Спондилоартрит, ассоциированный с воспалительными заболеваниями кишечника, имеет много общих симптомов с другими спондилоартритами. Что является первичным поражением – воспалительный процесс в кишечнике или поражение опорно-двигательного аппарата – до сих пор остается предметом дискуссий.

В случае, когда имеются все признаки спондилоартропатии, но картина не укладывается ни в один из критериев определенного заболевания, устанавливается диагноз *недифференцированного спондилоартрита*. Это, по крайней мере, позволяет начать лечение на ранней стадии патологического процесса.



Можно ли лечить ревматологические заболевания с помощью термальных источников и грязевых ванн?

Да, но только при устойчивой ремиссии: во время обострения подобное лечение категорически запрещено



## Широким фронтом

Системные заболевания соединительной ткани названы так из-за отсутствия «излюбленных» мест, которые поражает болезнь, и неспецифичности поражения соединительной ткани и ее производных. Одно из самых известных и распространенных заболеваний этой группы – *системная красная волчанка*, получившая свое название за характерное поражение кожи лица, похожее на укус волка. Это крайне многоликое заболевание, поистине ревматологическое, поскольку поражает все органы и системы организма за счет выработки органонеспецифических аутоантител и иммунных комплексов. Заболевают чаще всего молодые женщины, включая подростков. Обнаружены и генетические детерминанты (гены HLA B8, DR2, DR3 и др.), позволяющие говорить о предрасположенности к болезни.

Системная красная волчанка встречается не так уж и редко (1 случай на 20 тыс. человек), поэтому важно знать симптомы, позволяющие заподозрить эту патологию: реакция на солнце (*фотосенсибилизация*) в виде сыпи, язвочки в полости рта, выпадение волос, *синдром Рейно* (приступообразный спазм кровеносных сосудов конечностей, когда под воздействием холода или стресса пальцы последовательно белеют, синеют и краснеют). Но бывает и так, что единственным проявлением заболевания может быть постоянная слабость и утомляемость. При отсутствии лечения прогноз зависит от активности процесса.

Другим грозным заболеванием в этой группе является *системная склеродермия* – полиорганное заболевание неизвестной этиологии, характеризующееся фиброзом кожи, сосудов и внутренних органов, в том числе желудочно-кишечного тракта, легких, сердца и почек (Харрисон, 2005). Увы, достаточно эффективные методы



Для системной склеродермии характерны изменения кожи, сначала в виде припухлости и отека (справа), а затем в виде истончения и уплотнения. Нарушения периферического кровообращения проявляются на начальном этапе повышением холодовой чувствительности, а закончиться могут некрозом (слева)

лечения этого заболевания пока не существуют: мы можем лишь отчасти замедлить начавшийся процесс, частично предотвращая и исправляя осложнения. К первым симптомам заболевания относятся синдром Рейно, плотный отек кожи, артриты и артралгии. По мере прогрессирования болезни кожа уплотняется и атрофируется, сосудистые и трофические нарушения усугубляются, поражаются внутренние органы. Диагностика заболевания основана на характерных клинических проявлениях, а также выявлении в крови иммунологических маркеров.

Но не все заболевания соединительной ткани ассоциированы с аутоиммунным процессом: в возникновении некоторых из них «виновато» нарушение обмена веществ. Наиболее известным и распространенным таким заболеванием является *подагра*. Клинические признаки самого яркого ее проявления – *подагрического артрита* – описал в свое время еще знаменитый Гиппократ. В основе заболевания лежит нарушение обмена веществ и повышение в крови уровня мочевой кислоты. Это приводит к накоплению мочевой кислоты в тканях, в первую очередь в суставах (чаще всего большого пальца стопы), где она откладывается в виде кристаллов соли натрия. К этому месту подтягиваются макрофаги-«мусорщики», и начинается воспалительный процесс.

Подагру недаром называют «болезнью аристократов»: основной причиной развития заболевания служат неправильная диета, в первую очередь избыток мясной пищи, а провоцируют его злоупотребление алкоголем, малоподвижный образ жизни или, напротив, чрезмерные физические нагрузки. Без соблюдения диеты эффективное лечение подагры невозможно! Хотя существуют препараты, снижающие уровень мочевой кислоты, но если на фоне их приема нарушить диету, симптомы все равно разовьются.

Причины накопления солей мочевой кислоты, которая в норме должна выделяться через почки, остаются до конца непонятными. Известно только, что у большинства подагриков имеется наследственная предрасположенность к этой болезни. Интересный факт: еще в 1955 г. англичанин Э. Орван указал на структурное молекулярное сходство мочевой кислоты с кофеином и теоброминном, которые, как известно, служат стимуляторами умственной активности. Исследователь даже высказал предположение, что именно отсутствие у приматов фермента уриказы, расщепляющего мочевую кислоту у других млекопитающих, стало одной из предпосылок появления среди них человеческого разума. К этому можно лишь добавить, что число подагриков среди признанных талантов и гениев намного больше, чем среди обычных людей.



Подагру лечат колхицином, который является клеточным ядом. Как это работает?

Клетки иммунной системы постоянно и активно делятся. Колхицин (растительный алкалоид) и его синтетические аналоги останавливают митотическое деление клеток, что тормозит развитие воспаления. Но эти таблетки больной принимает очень недолго, только чтобы купировать обострение



## Чем лечим?

Поскольку большинство ревматологических заболеваний неразрывно связано с воспалением, открытие в 1948 г. глюкокортикоидов, позволяющих эффективно подавлять этот процесс, кардинально изменило ситуацию с лечением. Однако с течением времени стало ясно, что нужно искать другие препараты, поскольку применение гормонов чревато большим числом неблагоприятных побочных эффектов.

Помимо глюкокортикоидов, в лечении используются нестероидные противовоспалительные средства и синтетические базисные противовоспалительные препараты, к которым относят сульфасалазин, метотрексат, лефлуномид, циклофосфамид, азатиоприн, плаквенил. Большинство последних средств было создано для терапии онкологических заболеваний или для нужд трансплантологии. Проще говоря, сейчас ревматологи используют очень сильные фармакологические препараты, направленные на подавление иммунной системы. Можно сказать, мы лечим почти так же агрессивно, как онкологи. Но последние убивают ту ткань, с которой не может справиться иммунная система организма, мы же, напротив, подавляем саму слишком активную иммунную систему.

Самым популярным препаратом этой группы является метотрексат, который используется здесь в гораздо

Артрит лучезапястного сустава при подагре сопровождается сильной болью, припухлостью и покраснением (слева внизу). Он характеризуется острым течением и значительно снижает физическую активность больного



меньших дозировках, чем в онкологической практике. Он очень эффективно уменьшает воспаление, препятствуя возникновению осложнений, и при этом достаточно безопасен при условии контроля за основными показателями крови.

Важным прорывом в лечении ревматологических заболеваний стало открытие моноклональных антител, способных подавлять основные пути развития воспаления, и создание соответствующих генно-инженерных биологических препаратов. Самые популярные такие препараты воздействуют на ряд мишеней: В-лимфоциты, провоспалительные цитокины, системы внутриклеточной передачи сигнала.

Конечно, и эти средства не лишены недостатков: они, в принципе, могут вызывать инфекционные осложнения, способствовать развитию анафилактических реакций и т.д., поэтому также нуждаются в тщательном контроле при применении. В НИИ клинической и экспериментальной лимфологии существует антицитокиновый центр с хорошими реанимационными возможностями, где подобные препараты используют для терапии пациентов при постоянном мониторинге показателей жизнедеятельности.

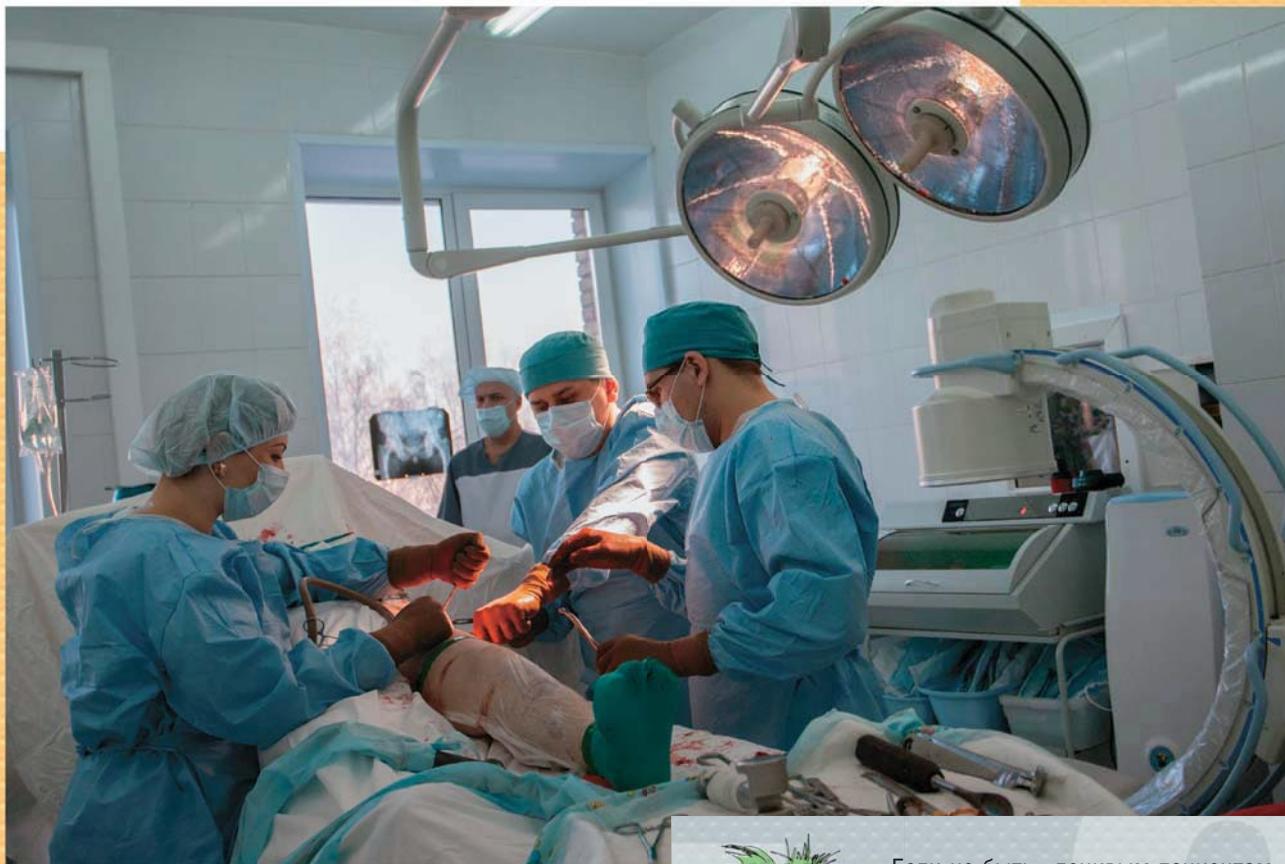
К сожалению, даже самое современное медикаментозное лечение не всегда приводит к положительному результату, и в этом случае на помощь приходит хирургия. В нашей клинике, в частности, проводятся операции по замене пораженных суставов – тазобедренных и коленных, а также другие хирургические вмешательства. Благодаря тесному сотрудничеству с хирургической службой у наших специалистов есть возможность непосредственно изучать биопсийный

материал из пораженных суставов, что расширяет исследовательские возможности.

Этот небольшой обзор не претендует на полноту, так как существует еще много заболеваний ревматологического профиля, здесь не упомянутых, но вполне актуальных. Его цель – дать общие представления о наиболее важных моментах ревматологической практики и акцентировать внимание на необходимости наблюдения за любыми, даже самыми незначительными на первый взгляд проявлениями. Ведь диагностические протоколы, основанные на современных методах обследования, могут выявить такую болезнь уже на ранних стадиях. Но пока основной проблемой является недостаточная информированность самих больных и даже специалистов другого профиля.

Несмотря на молодой возраст, ревматология стремительно развивается, постоянно расширяя свои возможности как в диагностике, так и в лечении. И ключевую роль в этом играет тесное взаимодействие ученых и медиков, другими словами, научных институтов и клинических отделений. Именно в таком сотрудничестве кроются большие перспективы для поиска первопричин и механизмов развития заболеваний, а также новых методов диагностики и терапии болезней, которые приобретают все большее значение в современном обществе.





Хирурги клиники НИИКЭЛ проводят эндопротезирование тазобедренного сустава, что позволяет значительно улучшить качество жизни больного

*Слева:* рентгенограмма стопы при псориатическом артрите. Пальцы правой стопы отклонились в сторону из-за поражения суставов. Имеется характерный для этого артрита симптом «карандаша в стакане» – разрушение кости около сустава с «наползанием» на нижележащую кость

#### Литература

*Внутренние болезни по Тинсли Р. Харрисону: В 7 т.; пер. с англ. / Под ред. Э. Фаучи, Ю. Браунвальда и др. Практика, Мак-Гроу-Хилл (совместное издание), 2005. 491 с.*

*Дубинина Т.В., Эрдес Ш.Ф. Причины поздней диагностики анкилозирующего спондилита в клинической практике // Научно-практическая ревматология. 2010. Т. 48. № 2. С. 43–48.*

*Кортаева Т.В., Корсакова Ю.Л. Псориатический артрит: классификация, клиническая картина, диагностика, лечение // Научно-практическая ревматология. 2018. Т. 56. № 1. С. 60–69.*



Если не быть «ленивым пациентом», заниматься физкультурой, соблюдать диету, можно ли поддерживать здоровье без фармакологических препаратов?

Если заболевание уже развилось, то это будет зависеть от состояния пациента, от того, как долго не было обострения. Если же болезнь прогрессирует, то отмена препаратов может вызвать резкое ухудшение



*Ревматология: национальное руководство / Под ред. Е. Насонова, В. Насоновой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 720 с.*  
*Ranganathan V., Gracey E., Brown M.A. et al. Pathogenesis of ankylosing spondylitis – recent advances and future directions // Nat. Rev. Rheumatol. 2017. V. 13, N. 6. P. 359–367.*

Автор благодарит сотрудников ревматологического отделения клиники НИИКЭЛ (Новосибирск) за помощь в подготовке иллюстративного материала



Хитер!!! Знает,  
что от Брейк-данса  
у меня изжога

# ГРЫЗУНЫ ВЫХОДЯТ НА ОХОТУ

Первая ассоциация, которая возникает у человека при слове «хищник», – «охота». Если охотится, значит, хищник. Но точнее будет сказать, что хищничество представляет такую форму трофических (пищевых) взаимоотношений, когда одно животное питается плотью другого, а охотник, в отличие от трупоеда, при этом еще сам нападает и убивает свою добычу. Но самое удивительное, что вполне успешные специализированные хищники и охотники обнаруживаются и среди растительноядных грызунов, воспринимаемых нами как заведомо «мирные» и неопасные животные



Статья подготовлена на основе публичной лекции, прочитанной автором в июне 2018 г. в одном из баров новосибирского Академгородка, во время «Ночи научных историй», организованной командой фестиваля EUREKA! FEST



**Х**ищники бывают разные: среди них различают *специалистов, генералистов и всеядных*. Специализированные хищники имеют поведенческие или морфологические адаптации, помогающие охотиться на вполне определенный тип жертвы. Например, лев специализируется на крупных животных, а крошечная бурозубка относится к отряду млекопитающих, который так и называется – *насекомоядные*. Хищники-«генералисты» могут охотиться на разных животных. К примеру, добычей лисицы могут быть зайцы, мыши или домашние курицы. Всеядные животные могут вести себя как неспециализированные хищники, но не менее успешно используют в пищу и растительные корма. Известные примеры – медведи и обезьяны, да и сам человек.



ЛЕВЕНЕЦ Ян Владимирович – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории поведенческой экологии сообществ Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск).  
Автор и соавтор 10 научных работ

*Слева сверху: полевая мышь охотится на заманчивую, но опасную добычу – рыжих лесных муравьев. Фото Ю. Данилова*

*Слева внизу: юрамайя – предок всех плацентарных млекопитающих, живущих сегодня на планете. © CC BY-SA 3.0. Author Nobu Tamura*

*Справа: львица после удачной охоты на крупное африканское травоядное. © CC BY 2.0. Some rights reserved by Derek Keats*

*Ключевые слова: охотничье поведение, грызуны, поведенческий стереотип, хищничество, пищевая специализация.*

*Key words: hunting behaviour, rodents, behavioral pattern, predatory food specialization*



© Я. В. Левенец, 2018



и так будет с каждым из нас, кто встретит на моем пути!

Зубной аппарат капибары, самого крупного грызуна в мире, и его близкого сородича, маленькой морской свинки (вверху), демонстрируют одинаковые, характерные для всех грызунов особенности, включая мощные резцы и отсутствие клыков.

© CC-BY-SA 2.0. Some rights reserved by Dallas Krentzel

В любом случае хорошему охотнику нужны в первую очередь соответствующие органы чувств, позволяющие обнаружить и поймать добычу. И зачастую эти способности, как и сами чувства, выходят за привычные нам рамки. Например, акулы благодаря своим хеморецепторам за сотни метров чувят кровь, попавшую в воду. Летучие мыши-вампиры, представляющие собой переходную форму от хищника к паразиту, способны ориентироваться в пространстве и находить свою жертву с помощью ультразвуковых «локаторов», совы обладают исключительным слухом и т. д.

Важное значение имеют органы осязания. Млекопитающие используют для этой цели *вибриссы*, в просторечии называемые «усами», которые позволяют хищнику ориентироваться даже в полной темноте. Хищные пауки воспринимают вибрации паутины, показывающие, что в ловчую сеть попала добыча. Но добычу мало обнаружить – ее нужно схватить и удержать, и для этой цели нужны сильные когти или клюв, мощные челюсти и крепкие зубы и другие охотничьи приспособления. И, конечно, жизненно важна быстрота реакции: животное, постоянно вынужденное

охотиться, чтобы не умереть от голода, не должно само получать повреждений, ведь это часто равносильно смерти.

Но все же самое главное для хищника – это слаженность, скоординированность всех действий. Когда речь заходит об устойчивых, повторяющихся последовательностях действий, говорят о *поведенческих стереотипах*. В лаборатории поведенческой экологии животных Института систематики и экологии животных СО РАН под руководством проф. Ж. И. Резниковой мы занимаемся изучением «интеллекта» животных и стереотипного их поведения. Так были впервые открыты и стереотипы охотничьего поведения у растительноядных грызунов – «мышка стала кошкой».

## Хищные грызуны – это не оксюморон

Из названия и внешнего вида этих животных ясно, что они приспособлены к «грызущему» образу жизни. Главная анатомическая адаптация представителей отряда *грызунов*, к которому относятся *мышевидные*,



Как долго растительноядная полевка может прожить, питаясь только насекомыми?

Целенаправленно такие эксперименты не проводились, а современные этические нормы не позволяют поставить животное в ситуацию, когда оно может умереть от голода. В природе грызун обычно имеет альтернативный источник пищи, а насекомые служат лишь дополнительным источником питания



беличьи и свиноподобные, — это выдающиеся по размеру передние зубы, так называемые *резцы*. Зубная эмаль у грызунов постоянно обновляется, а поскольку они беспрестанно что-нибудь грызут, то зубы их всегда самозатачиваются. У нас, к сожалению, зубная эмаль способна только разрушаться, и, в отличие от грызунов, мы мучаемся зубной болью.

Но при сравнении анатомического строения черепа крысы и волка видно, что оба этих животных, в принципе, должны уметь хорошо «кусать». И действительно, несмотря на очень маленькие *моляры* (коренные зубы), укус крысы обладает достаточно большой силой. Это свойство помогает ей разгрызать твердую кожуру

семян. В некотором смысле насекомое — это та же «сечка», только живая: твердая наружная хитиновая оболочка скрывает внутри мягкое содержимое. Поэтому с точки зрения строения ротового аппарата грызуны вполне способны питаться насекомыми.

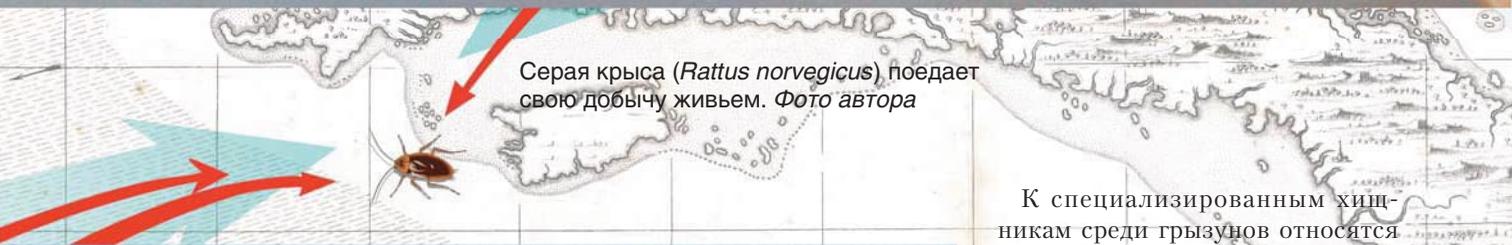
Хотя грызунов принято считать растительноядными, уже давно стало известно, что они могут проявлять охотничье поведение и даже являться специализированными хищниками. Еще в 1950–1970-х гг. при изучении агрессии выяснилось, что обыкновенная лабораторная крыса, совершенно без опыта охоты, может охотиться на насекомых (тараканов и сверчков), лягушек и даже мышей (Karli, 1956; O'Boyle, 1974).

Полевая мышь (*Apodemus agrarius*) сначала кусает добычу, а потом захватывает ее лапами.  
Фото автора





Серая крыса (*Rattus norvegicus*) поедает свою добычу живьем. Фото автора



К специализированным хищникам среди грызунов относятся североамериканские *кузнечиковые хомячки*, которые охотятся на разные объекты, в том числе такие опасные, как сколопендры и скорпионы. Одна из адаптаций этого вида — поразительная нечувствительность к боли, вызываемой ядом скорпиона. Исследование каналов для ионов натрия в нейронах этих животных показало, что яд подавлял именно те каналы, которые отвечали за распространение сигнала. В этом смысле яд одновременно служил и обезболивающим. Возможно, в будущем эти исследования помогут и нам справляться с болью (Rowe *et al.*, 2013).

Как грызуны понимают, что есть можно, а что нельзя (ядовито)?

Невкусно — значит, несъедобно. Как проходит передача такого опыта другим особям — вопрос трудный. Крысы, к примеру, чувствуют запах еды от другой крысы и «решают», что это съедобно. Если запах незнакомый, всегда найдется кто-то, кто первым попробует, а остальные будут наблюдать





Грызуны обучают своих детенышей охотиться?

Нет, охотник-грызун постепенно набирает собственный опыт. Но и те животные, которые ни разу не охотились, успешно демонстрируют целостный охотничий стереотип, т. е. он «зашит» в генах, хотя пока не известно, как именно



Примечательно, что поведение кузнечиковых хомячков, вес которых не достигает и 100 г, во многом похоже на поведение настоящих крупных хищников. Например, по ночам они, как волки, оглашают окрестности громким воем, сообщая всему миру о начале охоты.

## Скрытые плотоядные

В нашей лаборатории впервые удалось показать, что даже у такого типично зерноядного вида, как *полевая мышь*, существует эффективный врожденный охотничий стереотип по отношению к *рыжим лесным муравьям* – добыче привлекательной, хотя и опасной, так как муравьи не сдаются без боя, кусая нападающего и брызгая ему в глаза муравьиной кислотой (Panteleeva *et al.*, 2013). О привлекательности муравьев в качестве пищевого объекта можно судить хотя бы по тому, как экспериментальные мыши после удачной охоты долго ходят по арене, подбедая все, даже самые маленькие «потерявшиеся» фрагменты своих жертв.

Охотничий стереотип полевой мыши работал и в случае добычи крупной, но безопасной – *мрамрных тараканов*, достигающих 3 см в длину. Животное обычно стремительно искусывало свою жертву, а затем подало (Reznikova *et al.*, 2017).

Наличие подобных стереотипов у предположительно «мирного» неспециализированного зерноядного вида вызывало удивление, поэтому мы решили исследовать в этом смысле зеленоядного грызуна из другого семейства – *узкочерепную полевку*. И у этого вида также был обнаружен врожденный охотничий стереотип, проявляющийся при охоте на тараканов (Левенец и др., 2016).

## Разные грызуны – разная охота

В охотничьем поведении животных специалисты выделяют определенные отдельные его элементы – конкретные двигательные акты и позы, на основании которых можно получить приблизительную схему действий хищника. Поведение всех исследованных нами грызунов включало такие элементы, как преследование, укус и захват добычи лапами. Однако разные виды при этом имели свои специфические поведенческие черты.

Так, охотничий стереотип у серой крысы прост: она преследует, кусает, захватывает, а затем, взявшись за жертву поудобнее, переходит к ее поеданию. Причем поедает добычу живьем, чего никогда не позволит себе «благородный» специализированный хищник из семейства кошачьих. Впрочем, такие известные охотники, как волки и гиены, подобными этическими проблемами также не слишком озадачиваются, как и *хомячки Кэмпбелла*, которые после поимки добычи просто откусывают у нее конечности, чтобы та не могла убежать.

А вот полевая мышь и узкочерепная полевка наносят жертве продолжительную смертельную серию укусов. Таким образом, по своему охотничьему стереотипу они оказываются наиболее близки к «крутому», хотя и некрупному, хищнику – *обыкновенной бурузубке*, убивающей своих жертв-насекомых перед началом трапезы.

Как же грызуны становятся хищниками? Это может случиться, если источник растительной пищи становится недоступен, например, из-за засухи. В этом случае особи, обладающие охотничьим стереотипом, могут перейти на альтернативный источник пищи – насекомых. Даже небольшая такая «подпитка» дает эволюционное преимущество, благодаря чему охотничье поведение сохраняется в популяции.

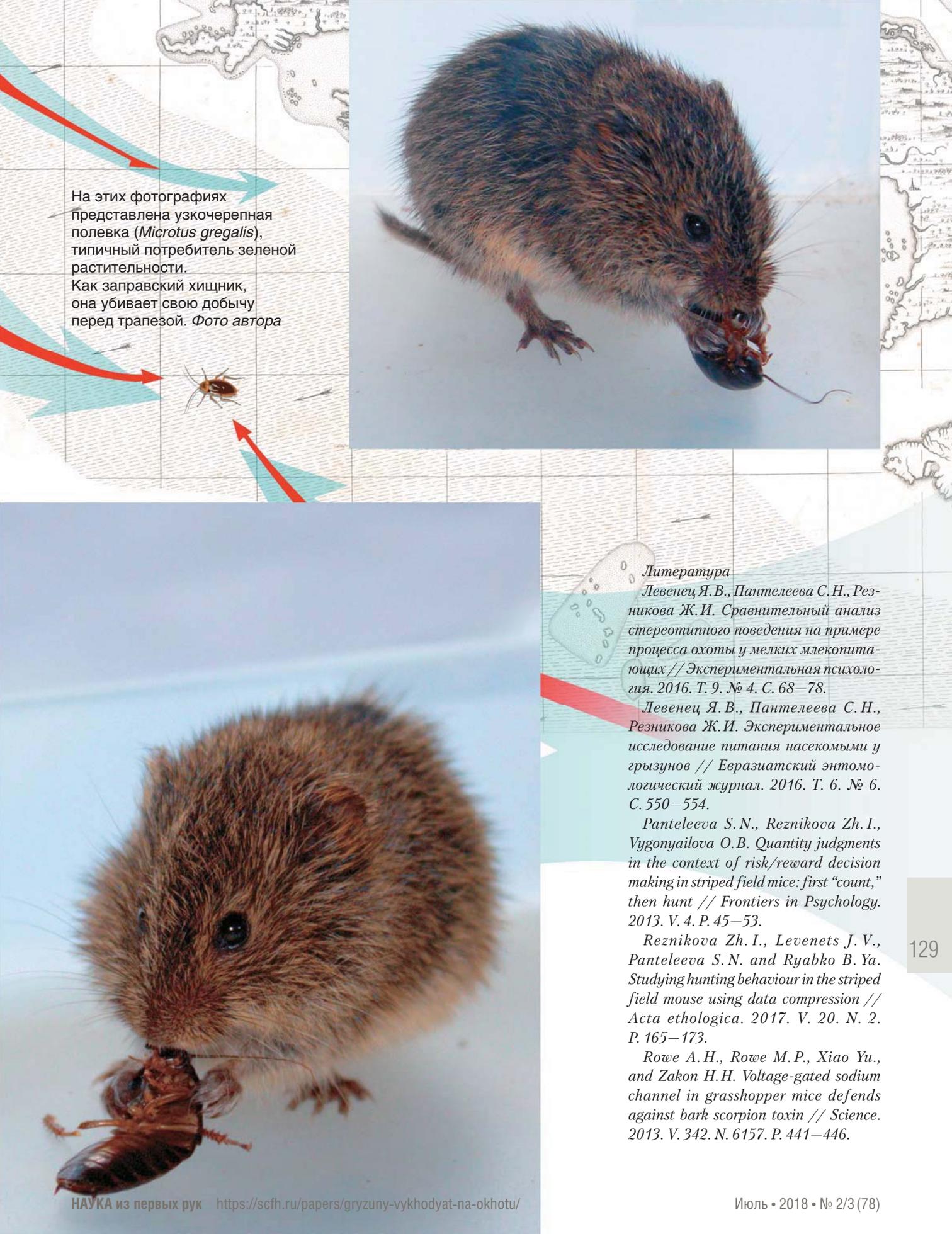
Есть основание считать, что именно в такую ситуацию попали предки кузнечиковых хомячков, когда на территории восточной части Северной Америки началось опустынивание. Но популяция хомячков при этом активно росла, в результате чего часть ее оказалась вытеснена в опустыненные районы, где питаться было просто нечем. В конце концов животные адаптировались и смогли жить в условиях пустыни, охотясь на скорпионов, сколопендр, других членистоногих и даже грызунов. Они превратились в очень агрессивный вид, представители которого могут атаковать и убивать животных размером крупнее их самих!



**Ф**ормирование охотничьего стереотипа в процессе индивидуального развития происходит по-разному у разных видов. Так, все без исключения особи кузнечиковых хомячков уже в нежном возрасте 27 дней способны охотиться самостоятельно. Но у серых крыс некоторые особи полностью лишены склонности к охоте, тогда как другие могут быть очень успешны на этом поприще. Ситуация, когда охотничье поведение у одних видов проявляется в обязательном порядке (*облигатно*), а у других факультативно, представляет немалый интерес не только для этологов, но и экологов и эволюционистов.

Нет окончательного ответа и на вопрос, откуда у растительноядных грызунов в принципе взялся такой ярко выраженный стереотип хищника. Возможно, охотничье поведение появилось и эволюционировало в этой группе животных самостоятельно. Но, может быть, это наследство от *юрамайи* – общего предка всех современных плацентарных млекопитающих, который жил около 160 млн лет назад и был насекомоядным.

Не исключено, что не только грызуны, но и человек получил от своих далеких предков некие детали врожденных стереотипов, определяющие те или иные наши наклонности. Поэтому изучать эволюцию поведенческих стереотипов животных важно не только для получения фундаментальных знаний об устройстве живого мира, но и с вполне «эгоистичной» точки зрения: чтобы понять, как мы стали теми, кто мы есть.



На этих фотографиях представлена узкочерепная полевка (*Microtus gregalis*), типичный потребитель зеленой растительности. Как заправский хищник, она убивает свою добычу перед трапезой. Фото автора

#### Литература

Левенец Я. В., Пантелеева С. Н., Резникова Ж. И. Сравнительный анализ стереотипного поведения на примере процесса охоты у мелких млекопитающих // Экспериментальная психология. 2016. Т. 9. № 4. С. 68–78.

Левенец Я. В., Пантелеева С. Н., Резникова Ж. И. Экспериментальное исследование питания насекомыми у грызунов // Евразийский энтомологический журнал. 2016. Т. 6. № 6. С. 550–554.

Panteleeva S. N., Reznikova Zh. I., Vygoniyailova O. B. Quantity judgments in the context of risk/reward decision making in striped field mice: first “count,” then hunt // *Frontiers in Psychology*. 2013. V. 4. P. 45–53.

Reznikova Zh. I., Levenets J. V., Panteleeva S. N. and Ryabko B. Ya. Studying hunting behaviour in the striped field mouse using data compression // *Acta ethologica*. 2017. V. 20. N. 2. P. 165–173.

Rowe A. H., Rowe M. P., Xiao Yu., and Zakon H. H. Voltage-gated sodium channel in grasshopper mice defends against bark scorpion toxin // *Science*. 2013. V. 342. N. 6157. P. 441–446.



# «В РОСКОШНЫХ ШЛЕМАХ,



«Сборный» образ  
средневекового  
кочевого воина.  
Фото С. Борисенко

# В ПЫШНОМ БЛЕСКЕ ЛАТ...»

«Я прожил жизнь свою в броне и шлеме».  
Фирдоуси, «Шах-наме» (I в.)

Что такое «доспех», наш автор узнал в трехлетнем возрасте благодаря подарку прадеда – комплексу открыток «Русские доспехи». В возрасте десяти лет он уже «реконструировал» в домашней мастерской свой первый шлем и доспех из металла, пока все его друзья играли деревянным оружием. Свою первую научную реконструкцию – ламеллярный средневековый доспех – Юрий Филиппович создал во время учебы в университете в качестве наглядного пособия для студентов. С тех пор его не оставляет идея познания истории военного дела через воссоздание снаряжения древних воинов, свидетельством чего являются десятки уникальных предметных научно-исторических реконструкций доспехов и вооружения кочевых народов Центральной Азии, Южной Сибири и Дальнего Востока, с которыми мы знакомим наших читателей



**Т**ермин «реконструкция» обозначает воссоздание первоначального облика какого-либо объекта, явления или процесса по сохранившимся частям. Одним из перспективных направлений в военно-исторической науке является *историческая реконструкция*, подразумевающая воссоздание военного снаряжения и технологий его изготовления. Конечно, любая такая реконструкция проводится на основе глубокого изучения письменных и изобразительных источников и археологических находок, что не исключает присущего ей гипотетического характера.

При изучении вооружения используются несколько видов реконструкции: *описательная* (текст), *графическая* (рисунок) и *натуральная* (модель). Моделирование предметов вооружения в реальную величину из подлинных материалов составляет высшую ступень реконструкции. Изготовление такой модели панциря или копья, помимо приобретения определенных технологических навыков, позволяет узнать неявные особенности их устройства, а эксперименты с моделью – определить ее функциональные качества и эксплуатационные возможности (Горбунов, 2005). Изучение подобного реконструированного вооружения позволяет историкам оружия вычленивать специфические черты, характерные для воинов различных этносов,

ФИЛИППОВИЧ Юрий Александрович – руководитель лаборатории палеотехнологий Научно-образовательного центра «Новая археология» Новосибирского государственного университета. Автор и соавтор 15 научных работ

**Ключевые слова:** экспериментальная реконструкция, оружие, древние и средневековые кочевники, степи Евразии.

**Key words:** experimental reconstruction, weapons, ancient and medieval nomads of the Eurasian steppes

© Ю. А. Филиппович, 2018



проследить этапы развития и определить причины и характер «эволюции» наступательного и защитного снаряжения.

В начале 2000-х гг. в Новосибирском государственном университете началась планомерная работа по выполнению предметных научно-исторических реконструкций комплексов вооружения и одежды воинов Центральной Азии и Сибири различных исторических эпох. В основу серии реконструкций, выполненных автором, легли материалы по защитному вооружению древних кочевников, хранящиеся в музейных собраниях России, стран ближнего и дальнего зарубежья, собранные и систематизированные доктором исторических наук Л. А. Бобровым (Худяков, Бобров, Филиппович, 2015).

На протяжении многих столетий, от древности до средневековья, кочевники (скифы, сарматы, гунны, монголы) играли ведущую роль в военной истории народов Евразии, соприкасавшихся с «Великой степью» – обширным степным регионом, протянувшимся по центру материка от Восточной Европы почти до берегов Тихого океана. Вождь гуннов, великий Аттила, «завоеватель мира» Чингисхан – эти имена наводили страх не только на их современников, но и столетия спустя... Однако военные успехи кочевых империй, как и они сами, оказывались недолговечными, и через пару столетий одна кочевая орда уступала место другой. Этот процесс продолжался до середины XVIII в., когда Великая степь была поделена между Российской и Маньчжурской империями (Худяков, 2006).



Это лишь небольшая часть предметов защитного вооружения, реконструкции которых созданы автором за последнее десятилетие.  
*Фото автора*

Когда в XIX в. у европейских и российских ученых проявился интерес к изучению и осмыслению боевого опыта кочевых народов, в их распоряжении оказались только хроники оседлых народов – исторических противников кочевников. Сначала ученые опирались на сведения из письменных источников, часто не слишком достоверные (к примеру, на средневековых европейских миниатюрах Чингисхана изображали в тюрбане, вооруженного ятаганом), но затем для реконструкций стали привлекаться предметы из раскопок памятников кочевых культур. Наиболее достоверные графические научно-художественные реконструкции комплексов вооружения и внешнего облика воинов-кочевников были созданы в последние десятилетия XX в. российскими специалистами. Но и здесь нередко возникали разночтения и ошибки. В этом смысле создание предметных натуральных копий панцирей и шлемов открывает перед учеными совершенно новые возможности, так как испытание моделей позволяет понять, как применялось оружие номадов в реальных условиях (Худяков, 2006).

В нашей сегодняшней «экспозиции» основной акцент сделан на шлемах – важнейшем элементе

в комплексе средств индивидуальной металлической защиты кочевников степного пояса Евразии, который обычно обрамлен *бармицей* – металлической, кожаной или матерчатой бронированной деталью, которая прикреплялась к шлему через отверстия в тулье или обруче. Большинство древних предметов вооружения и доспехов можно было применять не только в бою, но и на охоте, однако металлические шлемы, как и столетия спустя, использовались исключительно в условиях боевых действий. Применение в дистанционном, ближнем и рукопашном боях защитных наголовий значительно повышало шансы воинов на выживание.

Производство защитного вооружения из металла было сложным, трудоемким и дорогим, поэтому такие доспехи часто передавались по наследству. Этим объясняется тот факт, что находки шлемов в погребальных памятниках различных исторических эпох, включая Средневековье, достаточно редки. Большинство обнаруженных шлемов кочевников из Центральноазиатского историко-культурного региона – это случайные находки, которые при содействии краеведов попали в музейные собрания (Худяков, Бобров, 2003; Зубов, Радюш, 2014).

Сегодня благодаря предметным реконструкциям читатели могут не только представить, но и «воочию» увидеть, как выглядели шлемы и другое защитное вооружение кочевых народов различных исторических эпох, от хунну и сяньби до кыргызов. Еще одна неожиданная линия «сюжета» связана с тем, что моделями для фотосъемок предметов защитного вооружения послужили представители «прекрасной половины», что вызвало упреки в «гламурности и научной некорректности». Поэтому, наряду с описаниями шлемов и другого военного снаряжения номадов, в публикации представлены свидетельства участия женщин в военных действиях некоторых древних и средневековых этносов Центральной Азии и Южной Сибири, что, очевидно, и послужило основой древних преданий о воинственных и прекрасных амазонках (Худяков, 2017).

В течение последних десятилетий интерес к историческим реконструкциям в мире растет, как растет и число «ролевиков», изготавливающих оружие и доспехи и устраивающих показательные бои. К сожалению, историческая достоверность созданных ими предметных реконструкций часто страдает. Сегодня мы представляем читателям предметы вооружения, максимально приближенные к «реальным», так как реконструированы они на основе тщательного комплексного научного исследования всех доступных первоисточников. Многие из этих по-настоящему уникальных предметов уже экспонировались в университетах и музейных собраниях России, Казахстана, Монголии и Китая.



Климу, сыну Юрия Филипповича, технологии производства древних доспехов знакомы с детства. Фото В. Кламма



Фото автора



134

### ЖЕЛЕЗНЫЕ ШАПКИ ХУННУ

Хунну (гунну, сюнну) – кочевые племена, создавшие в степях Центральной Азии мощный племенной союз, достигший наибольшего могущества при верховном правителе Модэ, занявшим этот пост в 209 г. до н. э. Под властью хунну оказалась огромная территория: от Хингана до Тянь-Шаня и от Байкала до пустыни Гоби. Хотя скотоводство и продолжало играть ведущую роль в жизни этого народа, его быт менялся, становясь все более оседлым, начали развиваться земледелие, обработка металла и ремесла.

Особое место в государстве хунну занимало военное дело. На вооружении воинов имелись сложный лук с костяными накладками, свистящие стрелы, копье, меч и панцирь со шлемом. Железные шлемы, появившиеся в Восточной Азии в III в. до н. э., сначала имели ламеллярную структуру набора. Реконструированный шлем хунну представляет собой новейшую для своего времени гибкую ламеллярно-шнуровую конструкцию, близкую по форме к шапке-ушанке с назатыльником. Ее получают, соединяя чешуеобразные стальные пластинки конопляным шнуром. Вшитый изнутри тканевый конопляный подшлемник представлял со шлемом единое целое, служа как для смягчения ударов и удобства носки, так и для укрепления пластинчатой основы купола. Подобные структуры сначала использовались для бронирования корпуса воинов, но потом применялись и для защиты конечностей и особенно головы. Простота изготовления стальных элементов и самой сборки способствовала широчайшему распространению подобных наголовий





Предметная научно-историческая реконструкция шлема и доспеха хуннского воина I в. до н. э. – I в. н. э. Выполнена по материалам городища Эршицзяцзу вблизи г. Хух-Хото (Внутренняя Монголия, КНР)

По своему внешнему виду ламеллярный шлем хунну напоминает «чепчик» из стальных пластин, снабженный назатыльником и наушами.

*Фото С. Борисенко*

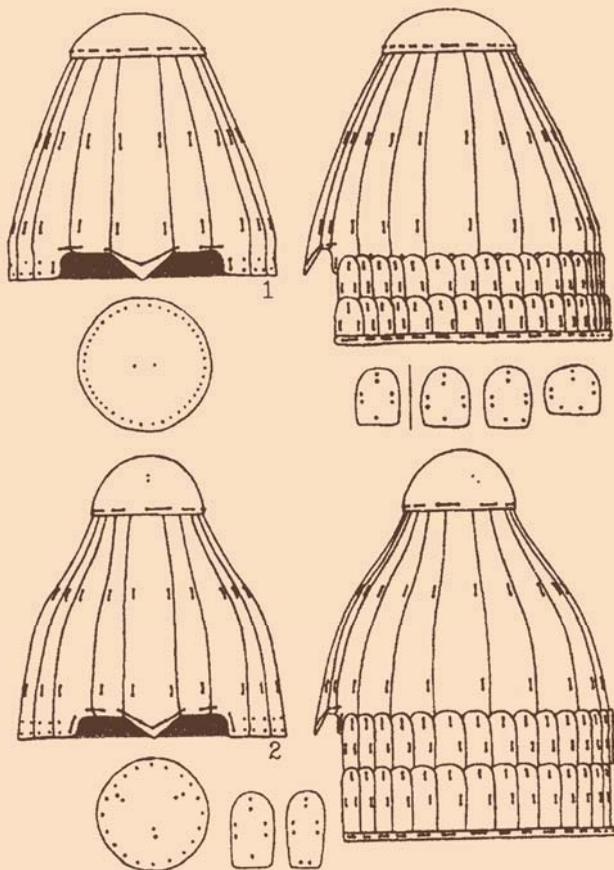




Предметная научно-историческая реконструкция шлема сяньбийского воина II–III в. Выполнена по материалам могильника Лаохэшэнь (провинция Цзилинь, КНР). Фото С. Борисенко

Наконечник стрелы эпохи сяньби. Таштыкская культура, Хакасия. Музей НГУ. Фото автора





### СЯНЬБИ – ПРЕЕМНИКИ ХУННУ

В результате непрерывных войн с Древним Китаем и междоусобиц в 57—55 гг. до н. э. хунну разделились на северных и южных. Последние целиком подпали под влияние китайской империи Хань, часть северных хунну ушла на запад, а остальные вскоре были ассимилированы племенами сяньби, жившими восточнее. Подчинив гунну, сяньби сформировали собственное государственное объединение, которое достигло пика своего могущества при предводителе Тяньшухуае (141—181 гг. н. э.). Силу и мощь сяньбийцев испытало на себе Среднее китайское государство, на протяжении сотен лет находившееся в состоянии непрерывной войны со своими северными соседями-кочевниками. Однако уже в середине III в. сяньби распались на ряд самостоятельных княжеств, среди которых наиболее крупными были Тоба Вэй и Муюн, существовавшие в пределах Южной Монголии и Северного Китая.

Сяньбийские воины защищали тело чешуйчатым панцирем из железных пластинок, соединенных между собой ремешками, продетыми в отверстия, а голову – сферическим шлемом с куполом из длинных узких пластин, с навершием и чешуйчатой бармицей. Хотя сами сяньбийцы вряд ли были разработчиками нового прогрессивного типа узкопластинчатых шлемов, но их широкое распространение от Кореи до Восточной Европы произошло именно в сяньбийскую эпоху. Первые такие образцы, появившиеся в конце I в., вероятно, произошли от аналогичных хуннских.



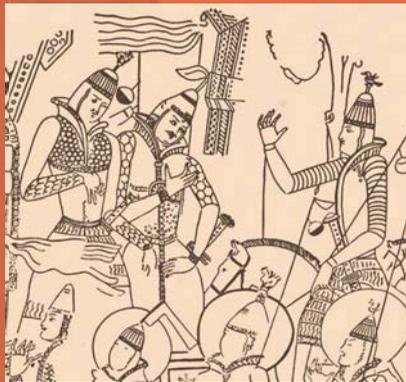
Фото А. Грибакина

Шлем  
из могильника  
Лаохэшэнь  
(КНР).  
Прорисовка  
В. Горбунова.  
По: (Горбунов,  
2005)



Образцом для реконструкции послужили три шлема из лаохэшэньских погребений (КНР). Детали этих шлемов соединялись между собой кожаными ремешками или полотняными тесемками. Судя по отпечаткам ткани на изнанке пластин панциря из погребения, доспехи имели подкладку из мягких материалов. Впоследствии шлемы такого типа с устойчивым набором признаков – сферической наборной тульей из вертикальных сегментов, надбровными вырезами, дисковидным или сферическим навершием, с бармицей – массово применялись в Центральной и Восточной Азии





Изображения воинов на фрагменте настенной росписи из Кызыла (Восточный Туркестан) времен существования там кенкольской культуры.  
По: (Грюнвендель, 1925)



Уникальная находка – стальная пластина от нащечника шлема, подобного кенкольским, – была обнаружена у р. Бугульдейка (Ольхонский р-н, Иркутская обл.).  
Музей НГУ. Фото автора

Пластины стального чешуйчатого нагрудника кенкольского воина из Акчи-Карасу (Кыргызстан).  
Государственный исторический музей Кыргызской Республики (Бишкек). Фото автора

Предметная научно-историческая реконструкция шлема кенкольского воина III–V в. Выполнена по изображениям воинов на фресках Восточного Туркестана и находкам деталей шлемов подобной конструкции на сопредельных территориях.  
Фото А. Болжурова

## «ШЛЕМОГЛОВЫЕ» КЕНКОЛЬЦЫ

Среди воинственных кочевников, чей выход на историческую арену совпал с крушением державы хунну и «великим переселением народов», были племена кенкольской культуры. В первой половине I тысячелетия они владычествовали в горах и долинах Тянь-Шаня и в Семиречье. Это были высокорослые, сильные и храбрые воины с европеоидными чертами лица. У сяньби существовал обычай надевать кольцо на череп младенца, чтобы форма головы стала удлиненной, в форме конического шлема, и такая деформация не проходила безболезненно.

Воины-кенкольцы были тяжеловооруженными панцирными всадниками, оснащенными самым грозным, наступательным и защитным оружием: дальнобойными луками с обычными и бронебойными стрелами, ударными пиками, длинными мечами и палашами. Тело защищали панцирями из железных пластин разных типов: чешуйчатыми, поверхность которых состояла из сферических выступов, способных ослабить удар меча или палаша, из горизонтальных пластин, а также кольчужными. Использовались щиты округлой формы с металлическими окантовками и сфероконические шлемы, которые могли различаться в деталях, что видно по фрескам Кызыла, относящимся к этому времени. Купол шлема, как правило, был пластинчатый, со сферическим навершием в виде гребня, с пластинчатой бармицей, стянутой на подбородке.

Когда на рубеже раннего Средневековья на земли кенкольских номадов обрушилась новая волна кочевников из степей Центральной Азии, возглавляемая древними тюрками, кенкольцы не смогли противостоять не столь хорошо вооруженному, но лучше организованному и верящему в свою непобедимость противнику (Кожомбердиев, Худяков, 1987)





## СЕСТРЫ ПО ОРУЖИЮ

В античных мифах, письменных свидетельствах этого и более позднего времени, в фольклорных изобразительных источниках сохранились предания о древних женщинах-воительницах. Считается, что в их основу легли реальные сведения об участии в военных действиях молодых незамужних женщин из сарматских племен, населявших северо-восточные окраины античного мира – степи Восточной Европы и Казахстана.

В пользу такого предположения говорят результаты анализа исторических свидетельств и археологических материалов, относящихся к древним и средневековым этносам Центральной Азии и Сибири, включая известные женские погребальные комплексы с оружием, определенные как женские захоронения.

Что касается исторических свидетельств, то для этого региона известны случаи, когда женщины руководили крупными армиями. Так, в Средней Азии в период образования Персидской державы в середине I тыс. до н. э. уверенные победы над персами одержали племена саков и массагетов, которые возглавляли женщины-правительницы – Зарина и Томирис. В ходе сражения с массагетами был убит сам основатель Персидской державы – легендарный царь Кир из династии Ахеменидов.

Отдельные примеры успешного женского правления можно найти и в средневековой истории Центральной Азии. Некоторые из этих правительниц руководили военными походами и одерживали победы над противниками. Среди правителей Монголии в позднем Средневековье таким умением выделялась ханша Мандутхай-хатун.

В этом смысле примечательна история Жаныл Мырза, предводительницы кыргызского племени нойгутов, которая стала героиней эпического сказания, где повествуется, как она метко стреляла из лука, охотилась, сражалась с калмыками и джунгарами. Попав в плен и будучи насильно выданной замуж, Жаныл Мырза смогла освободиться и застрелить из лука своих преследователей. После этого племя нойгутов, чтобы скрыться от врагов, переселилось из Синьцзяна к оз. Лобнор. По мнению известного кыргызского этнографа А. А. Асанканова, это сказание повествует о реальных исторических событиях второй половины XVII в. У некоторых древних народов имеются даже представления о женских дружинах, которые назывались «кырккыз» («сорок девушек»). Действительно, известен случай, когда в состав гвардии одного из кушанских царей входило подобное подразделение, состоящее только из женщин. Женские дружины фигурируют в эпических сказаниях турок, азербайджанцев, башкир, казахов, туркмен-огузов, каракалпаков и узбеков, в то время как в эпосе других тюркских народов мы находим только отдельных женщин-воительниц.

Подтверждение тому факту, что женщины участвовали в боях в составе своих войск, можно найти на одной

из раннесредневековых согдийских фресок Пенджикента, где изображена массовая батальная сцена. По мнению А. М. Беленицкого, это изображение могло восходить к историческим деяниям жены сакского царя Спаратры и уже упомянутой царицы Томирис, которые возглавляли армии в сражениях с врагами.

В среде тюркоязычных народов был распространен мотив соревнования девы-воина со своим женихом и защиты своего суженого. Свидетельством этого могут быть изображения, обнаруженные на отогнутом бортике серебряного ковша с ручкой, изготовленного в Хазарии в VIII—IX вв. Один из двух борцов, изображенных на ковше, показан с усами, другой – без усов и с косами. Рядом лежит оружие – колчаны, налучья и кинжалы, стоят взнузданные и оседланные кони. По трактовке В. П. Даркевича, эти изображения служат иллюстрацией к эпизодам раннего варианта огузского героического эпоса об Алпамыше. Герой этого сказания, Бамси-Байреке, был подвергнут испытаниям со стороны своей нареченной невесты Бану-Чечек, предложившей ему посоревноваться в скачках, стрельбе из лука и борьбе.

Оружие, которым пользовались женщины-воины, было разнообразным. По сведениям античного географа Страбона, на вооружении амазонок имелись «лук, боевой топор и легкий щит; из шкур зверей они изготавливают шлемы, плащи и пояса». В среде тюркских и монгольских народов среди оружия ближнего боя воительниц упоминаются мечи, секиры, копья, стрелы, а в более поздние времена –

и ружья. Сабля и пика, лук со стрелой и «свинцовая колотушка» упомянуты в алтайских преданиях как оружие дочери злого духа Эрлик-бия. В числе средств защиты – кольчуги, шлемы и боевые пояса. По мнению некоторых исследователей, хазарские и кыргызские девушки имели при себе клинковое оружие для защиты своей невинности. Но все же в большинстве случаев в монументальном и изобразительном искусстве древних тюрков женские образы лишены воинственности. И в погребениях женщин оружие встречается относительно редко. Предметы вооружения и конской сбруи встречаются чаще в скифских, савроматских и сарматских женских захоронениях в степях Восточной Европы и Приуралья. По подсчетам археологов, в Северном Причерноморье не менее 20% савроматских захоронений с оружием и конской сбруей – женские. Однако в свете последних палеогенетических исследований традиционное гендерное определение антропологических останков из таких погребений стало подвергаться сомнению.

В любом случае, имеющиеся на сегодня исторические свидетельства подтверждают участие женщин в военных действиях народов иранского, тюркского и монгольского происхождения Центральной Азии и Сибири, что могло продолжаться от Средневековья вплоть до начала Нового времени. Однако анализ этих данных не дает основания считать, что представления древних авторов о существовании отдельного древнего кочевого этноса – воинственных амазонок – соответствуют исторической действительности. Как бы нам ни хотелось, но предания об этих прекрасных воительницах, скорее всего, лишь красивый миф, несмотря на все исключения. По: (Худяков Ю. С. Женщины-воины у народов Сибири и Центральной Азии в древности и Средние века // Вестник НГУ. Сер.: История, филология. 2017. Т. 16, № 3. Археология и этнография. С. 80—88)

\* Примером служит «смена пола» у останков из парного погребения в кургане 1 могильника Ак-Алаха 1 пазырыкской культуры, обнаруженного Н. В. Полосьмак в 1990 г., в результате которого мужественная девушка с серьезным набором вооружения «превратилась» в женственного юношу (Пилипенко, Трапезов, Полосьмак, 2015)



Реконструированная сабля монгольского времени, XIII в. Фото С. Борисенко

### СЕВЕРНАЯ ВЭЙ: ЗАЩИТИМ ВСАДНИКА И ЕГО КОНЯ

К эпохе «поздних сяньби» относится княжество Тоба Вэй, или империя Северная Вэй (386–535 гг.), сформировавшаяся после распада племенного союза сяньби. Накануне завоевания Северного Китая армии сяньбийских правителей состояли из дружин и народных ополчений сяньбийских племен, а также примкнувших к ним отрядов хуннских родов.

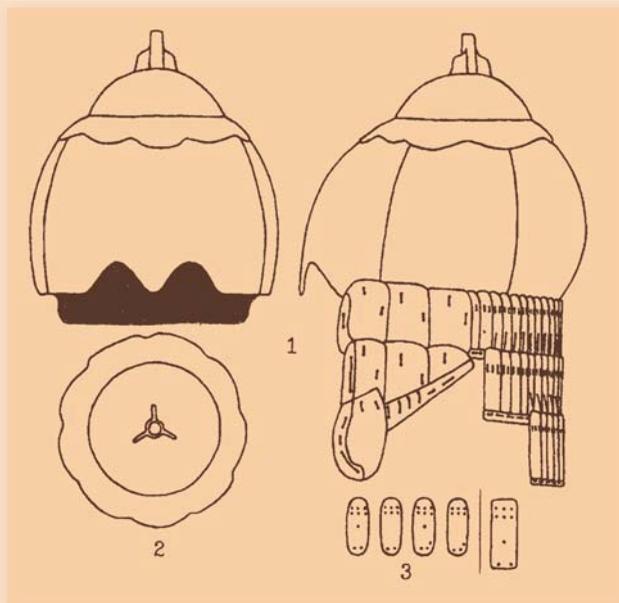
Сяньбийцы племенного союза Тоба на протяжении IV–V вв. считались лучшими воинами Северного Китая и Центральной Азии. Основу армии составляла легкая и тяжелая конница, обученная сражаться в ближнем бою. Сяньбийские воины IV–VI вв. широко применяли оружие дистанционного (луки, стрелы) и ближнего (клинковое, длиннодревковое, комбинированное, ударное короткодревковое) боев, а также защитное вооружение для воинов (панцири, шлемы, дополнительные защитные детали) и боевых коней (изголовья, панцирные попоны) (Бобров, Худяков, 2005).

Всю историю развития сяньбийского доспеха можно разделить на три периода. На раннем этапе (конец I–III вв.) сяньбийское оборонительное вооружение создавалось в русле унаследованной хуннской военной традиции, что проявлялось в наборе пластин, покрое панцирей и структуре шлемов. В средний период (IV – начало V в.) произошли резкие изменения в производстве сяньбийского доспеха: появились новые системы, формы и пропорции пластин, увеличилась площадь панцирей, шлемы стали более разнообразными; наконец, появился и полный конский доспех.

Этот процесс шел благодаря значительному обогащению сяньбийской знати в результате захвата районов Северного Китая и укреплению экономической базы для массового производства вооружения. Сяньбийский доспех не только перенял многие



Предметная научно-историческая реконструкция шлема (и доспеха) воина государства Тоба Вэй VI в. Выполнена по находкам серии шлемов в крепости Лим-Чан в провинции Хэбэй (КНР). Подобные шлемы с полусферическим навершием и трубкой для плюмажа достаточно широко применялись в степях Евразии на протяжении всей эпохи Средневековья. Фото С. Борисенко



Шлем и бармица эпохи Тоба Вэй из крепости Лим Чан (Внутренняя Монголия, КНР).

По: (Горбунов, 2005)

элементы китайской военной традиции, но и сам по себе продолжал эволюционировать, что вылилось в собственную военную традицию. Поздний период (V – конец VI в.), связанный с объединением Северного Китая династией Тоба, характеризовался дальнейшим усовершенствованием панциря, появлением новых типов шлемов, попон и наголовий. Сяньбийский доспех начал широко распространяться за пределы государства: вэйские императоры раздаривали целые комплекты защитного вооружения своим далеко не мирным соседям. Когда власть самих сяньби в Китае закончилась, они продолжали еще какое-то время оказывать влияние на развитие вооружения во всем Восточноазиатском регионе и особенно в Центральной Азии, где преемниками сяньби стали тюрки (Бобров, Худяков, 2005)

**Представление о комплексе вооружения тяжеловооруженных сяньбийских всадников дает описание подарков, переданных императором Мин-ди жужаньскому царевичу Анахуаню в 521 г. Среди них «...одни блестящие латы на всадника и лошадь, шесть стальных лат для всадника и лошадей, два копья, обвитых шелком и серебряною проволокою, десять копьев под красным лаком с белыми шерстяными кистями, десять копьев под черным лаком со значками; два обитых шелком лука со стрелами, шесть луков под киноваренным лаком со стрелами, шесть щитов под красным лаком с саблями, шесть щитов под черным лаком с саблями» (Бобров, Худяков, 2005)**





## АВАРСКИЙ СЛЕД: ОТ МАНЬЧЖУРИИ ДО БАВАРИИ

Кочевые племена аваров (жужаней) впервые начинают упоминаться в письменных источниках IV в. Первоначально они обитали южнее пустыни Гоби, где находились в зависимости от сяньбийского государства Тоба Вэй. Обретя независимость, они образовали свое государство, которое особенно усилилось при хане Шелуне, принявшем титул кагана в 402 г. В период расцвета государства жужаней в него входили территории Монголии, Западной Маньчжурии и северо-запада Китая. В 552 г. государство жужаней было разгромлено силами подчиненных ему алтайских тюркутов.

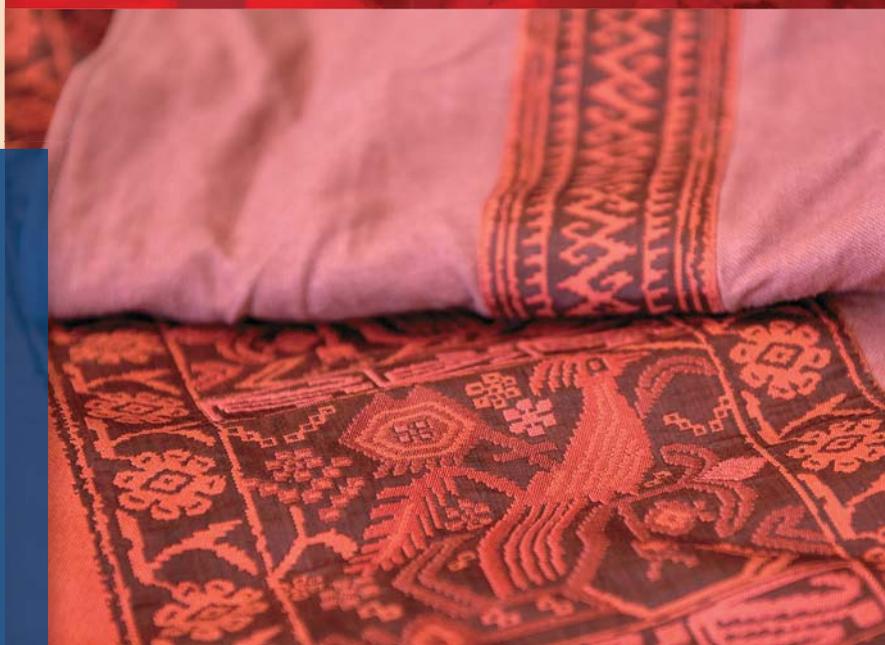
На арене мировой истории авары появились в 555 г. как кочевой народ степей Западного Казахстана, теснимый древними тюрками (Кляшторный, Савинов, 2005). После разгрома часть орды жужаней двинулась на запад, добравшись в 558 г. до Восточной Европы. Сначала они просили у Византии земли для поселения в Добрудже, но, не получив положительного ответа, втянулись в центральноевропейские дела, впоследствии участвуя в военных действиях против антов (союза племен разного этнического происхождения) и покорив племенной союз славянских племен на Дунае (Пилипчук, 2017).

Предметная научно-историческая реконструкция шлема и доспеха аварского (жужаньского) воина VI – начала VII в. Выполнена по случайной находке целого шлема в Хомутовском р-не (Курская обл.). *Фото С. Борисенко*

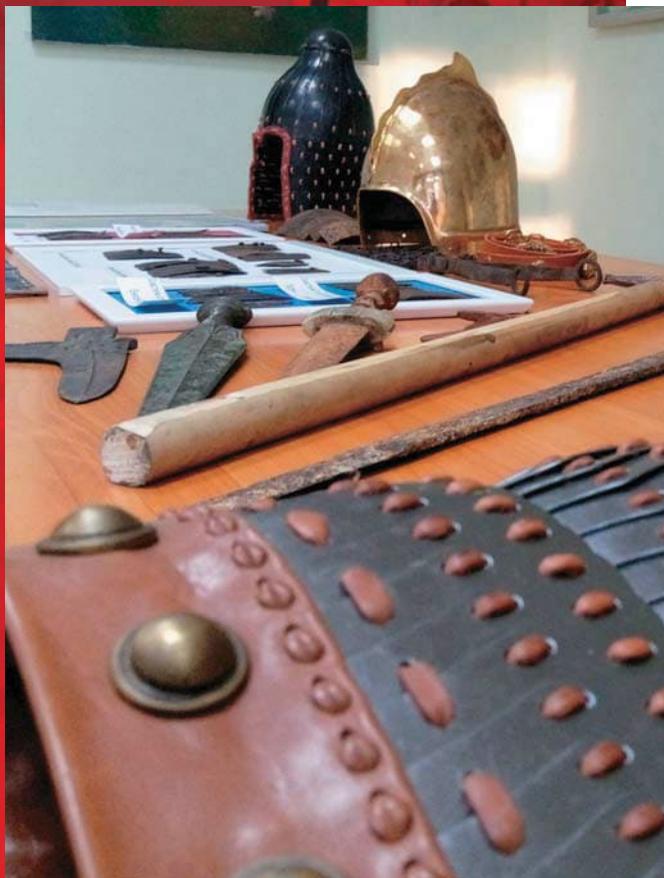
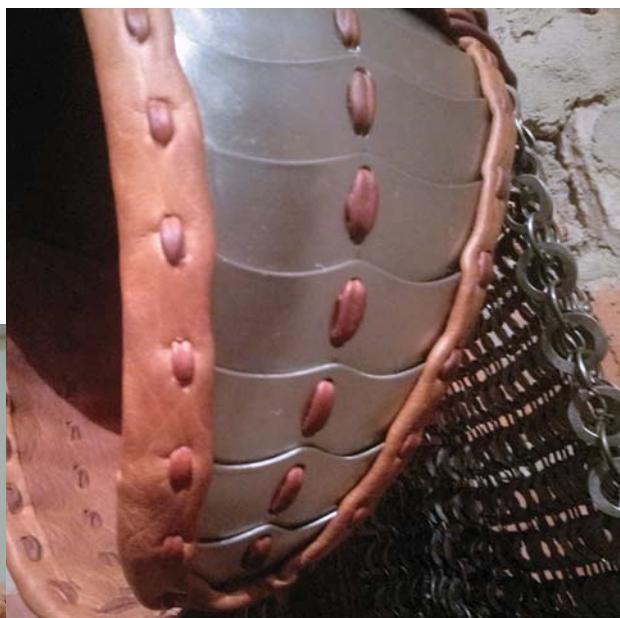
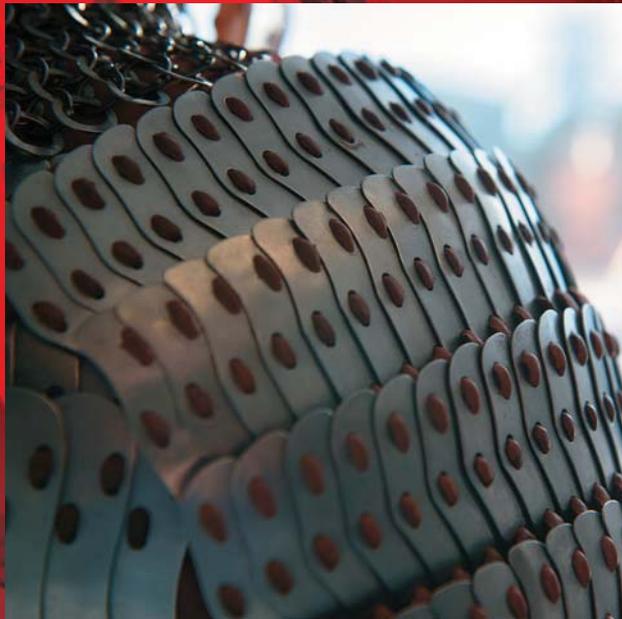
Предметная реконструкция одежды монгольского времени (примерно XIII в.) выполнена на основе изобразительных исторических источников. *Фото С. Борисенко*



*Фото С. Борисенко*



Реконструированный аварский шлем, как и его реальная «модель», обнаруженная в Курской области, состоит из нескольких деталей: купола из узких стальных пластин, налобной пластины с наносником, цельнометаллического навершия, пластинчатых ламинарных наушей и кольчужной бармицы типичного плетения (четыре сварных кольца пропущены в одно клепанное). Точно такие же шлемы «аварского типа» были найдены в Крыму и в Германии, в Италии и Болгарии: все они попали туда в ходе аварского переселения. Таким образом, этот тип шлема, появившийся на рубеже II–III вв. в далеких Маньчжурии и Корее, завершил свое пятисотлетнее «путешествие» за десятки тысяч километров от своей «родины»



При изучении аварского доспеха в одном из колец бармицы, в нижней части ближе к центру, сохранился небольшой фрагмент железного острия с остатками органики (возможно, дерева) – предположительно, наконечника стрелы. Ламеллярная конструкция найденного шлема была скреплена пропущенными через отверстия ремешками из органических материалов, вероятнее всего, кожи, как и в современной предметной реконструкции

Типичные железные пластины аварского ламеллярного панциря, послужившие прототипом для реконструкции доспеха. Случайная находка в Самарской обл. Музей НГУ. Фото автора



### НАСЛЕДНИКИ ТЮРКСКИХ КАГАНАТОВ

Древние тюрки – племенное объединение, игравшее ведущую роль в военно-политической и этнокультурной истории Центральной Азии в течение трех столетий эпохи раннего Средневековья, иногда даже отождествляемой с «древнетюркским временем».

Произошел этот народ из хуннской этнической среды, а в V в. попал в зависимость от аваров (жужаней). В середине I тыс. по требованию жужаньского кагана тюрки стали военными поселенцами на Алтае, где должны были производить железное оружие и поставлять его жужаням. Там они возглавили группировку местных кочевых племен, в течение нескольких столетий испытывавших на себе значительное влияние хуннской культуры.

В середине VI в. кочевые народы степного пояса Евразии объединились под властью правителей Первого Тюркского каганата. Под контролем древних тюрков оказались значительный участок «Великого Шелкового пути», от границ Китая до Ирана, и торговые пути, ведущие в Южную и Западную Сибирь.

**Археологические материалы дополняют письменные и фольклорные свидетельства роли женщин в качестве воинов и военных шаманов у древних и средневековых народов Центральной Азии и Сибири. Так, на памятнике Туура-Суу на Тянь-Шане было обнаружено древнетюркское каменное изваяние в мужском одеянии, с саблей в ножнах, подвешенной к поясу, но без усов и бороды, с ожерельем на шее. Считается, что оно представляет образ женщины-воительницы**



Это поминальное изваяние из Туура-Суу (Кыргызстан) изображает, предположительно, тюркскую женщину-воительницу. Государственный исторический музей Кыргызской Республики (Бешкек). Фото автора

Предметная научно-историческая реконструкция шлема поздне-тюркского (кимакского) воина IX–XI в. Выполнена по случайной находке купола шлема на р. Мульта (Горный Алтай), находкам частей кольчатых биметаллических бармиц на Алтае и в Хакасии, а также фрескам из Афрасиаба (Узбекистан) и Пенджикента (Таджикистан). Фото С. Борисенко



На конце кистеня, оружия в виде короткой палки, подвешена металлическая ударная головка (било). Реконструирована по находке в Алтайском крае (сросткинская культура).  
*Фото С. Борисенко*



Большую роль в развитии ремесла и торговли в Первом Тюркском каганате играли согдийские ремесленники и купцы, обслуживавшие тюркскую военную знать. В ходе постоянных войн и походов тюрки захватили огромные ценности, и военная добыча стала предметом торговли и обмена на импортные товары. Ремесленники в городах Средней Азии, Ирана и Восточного Туркестана стали изготавливать для тюркской знати драгоценную пирашественную посуду, украшения, парадное оружие. По торговым путям из Ирана, Согда и Восточного Туркестана к кочевникам попадали не только готовые изделия городских ремесленников, но и технологии их изготовления (Худяков, 2003).

Реконструкция шлема позднетюркского времени базировалась преимущественно на остатках шлема, предположительно, кимаковского воина, найденного на р. Мульта в Горном Алтае. Кимаки считаются одним из наиболее загадочных народов Центральной и Средней Азии. В древнетюркскую эпоху племенное объединение кимако-кыпчаков с центром на р. Иртыш стало самым поздним государственным кочевым образованием на севере Центральной Азии. Но, хотя «государство кимаков» было хорошо известно мусульманским авторам, этнического подразделения с таким названием в составе кимако-кыпчакской конфедерации не существовало (Савинов, 2005).

Шлем из Мульти состоит из купола, каркаса, обруча и навершия, изготовленных из железа. Купол собран из выпуклых секторов, соединенных с каркасом заклепками в лобной, затылочной и височных частях. Основание шлема образовано двусоставным обручем из лобной и затылочной полос, на которых пробиты отверстия для бармицы. Навершие шлема сделано в виде втулки с фигурно вырезанным раструбом в нижней части, в его устье вставлена пластина-перегородка (для крепления плюмажа)



Фото А. Пронина

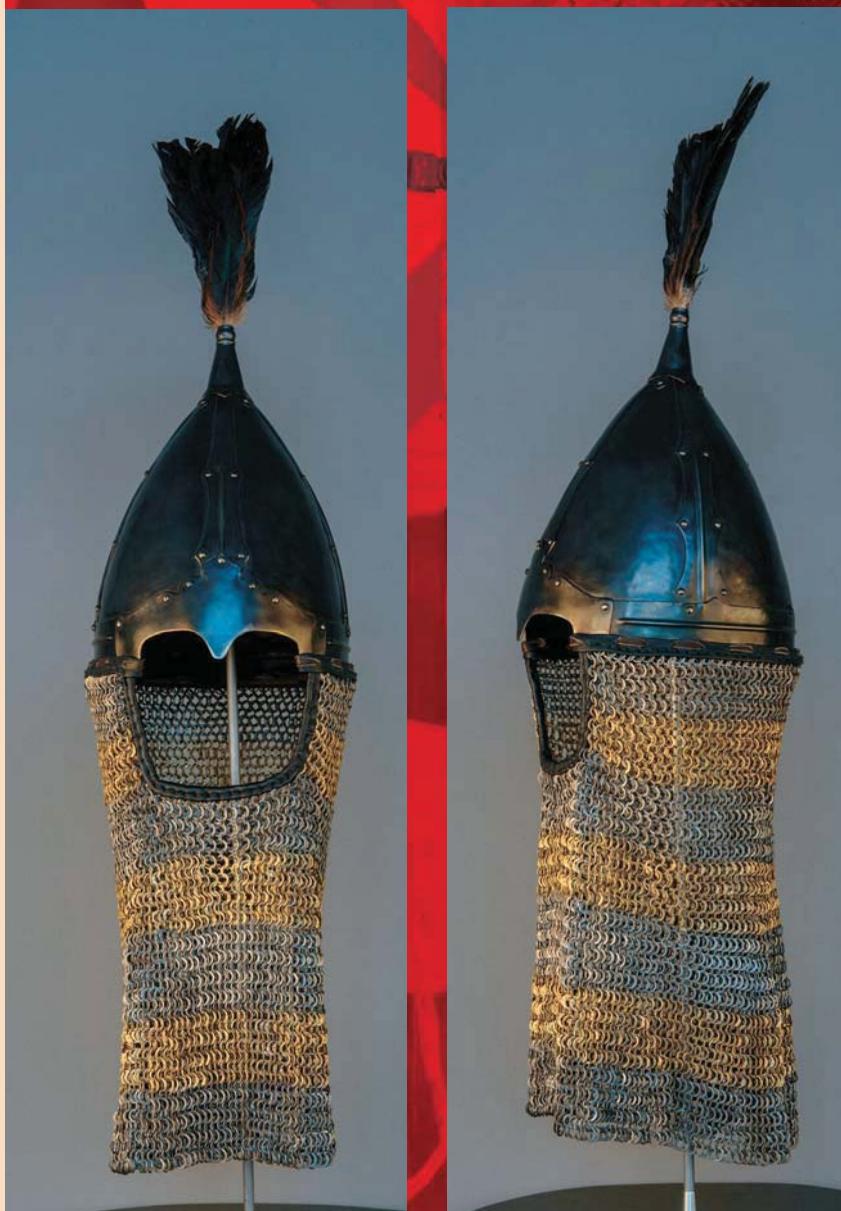


Фото С. Борисенко

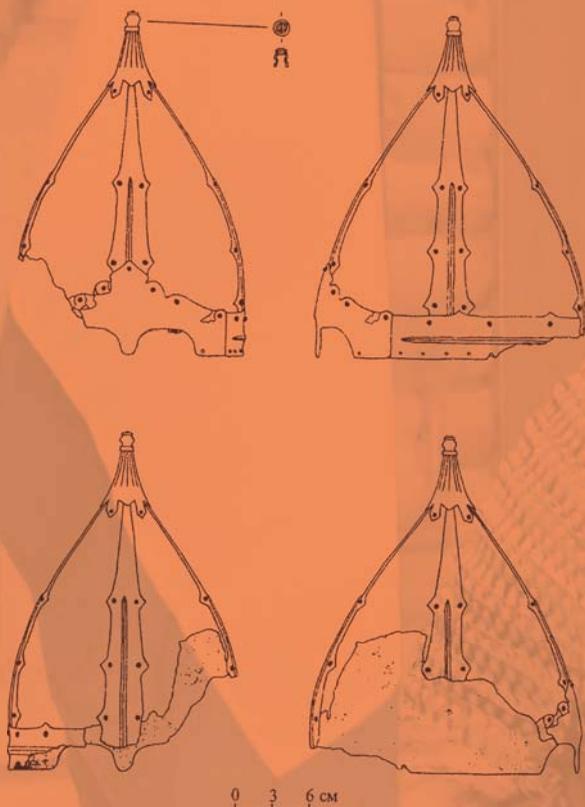


Фото А. Грибакина

Железный шлем, обнаруженный на р. Мульты, притоке Верхней Катунь (Горный Алтай).  
По: (Горбунов, 2003)

Предметная научно-историческая реконструкция шлема позднетюркского (кимакского) воина IX–XI в. Выполнена по случайной находке купола шлема на р. Мульты (Горный Алтай), находкам частей кольчатых биметаллических бармиц на Алтае и в Хакасии, а также фрескам из Афрасиаба (Узбекистан) и Пенджикента (Таджикистан). Фото С. Борисенко



Фото А. Пронина



### ЕНИСЕЙСКИЕ КЫРГЫЗЫ: ОГОНЬ БРОНЕБОЙНЫМИ

В XI–XII вв. в результате завоевания центральноазиатских степей киданями кыргызский этнос оказался разделен на две территориально разобщенные группы. Одна группа осталась в Восточном Туркестане, другая – на Саяно-Алтае, где кыргызская культура пережила новый этап своего развития, так называемую «эпоху сууктэр», получившую свое название по основному типу памятников, курганов с кольцевой насыпью.

Военно-административная система, сложившаяся у кыргызов в эпоху великодержавия, с распадом их государства на отдельные княжества изжила себя, хотя ее отдельные элементы продолжали действовать. В частности, сохранился десятичный принцип формирования войска: основной войсковой единицей были десятитысячные отряды-тумены. Основу войска составляли воины-дружинники, хорошо вооруженные и оснащенные.

Кыргызские воины в этот период были вооружены сложносоставными луками, к которым прилагался целый набор стрел. В ближнем бою использовались копьё с ромбическими наконечниками и пальмы с трехгранными наконечниками, в рукопашном – палаш, сабли с прямым и слабоизогнутым клинком. С изменением характера вооружения и численности войск изменилась и тактика боя: сократилась дистанция полета стрелы и увеличилась

Среди воинственных женских эпических персонажей выделяется героиня кыргызского эпоса «Манас». Юная калмыцкая девушка, «удалая Сайкал», бросила вызов главному герою – предводителю кыргызов Манасу. В эпосе подробно описаны оружие, доспехи и боевой конь воительницы. «Вышла тогда удалая Сайкал, было ей семнадцать лет, с косою на голове, саврасо-чалый конь у нее. “С кем встречусь, того сражу!” – такие помыслы у нее. Боевые доспехи свои все надела, посмотри. Кольчуга и нарукавники на ней, хоть и девушка, но вот ведь что – богатырский вид у нее! У нее щит, шлем на ней, из кованого булата, из чистой стали все было на ней, копьё в девять кулачей наизготове держа, на майдан, не задерживаясь, направилась она». Интересно, что, хотя Сайкал была представителем враждебного племени, в эпосе она выступает как настоящая героиня (Худяков, 2017)

Фото С. Борисенко

Предметная научно-историческая реконструкция шлема енисейского кыргызского воина XII–XIV вв. Выполнена по случайной находке купола шлема в Минусинской котловине, который хранится в Хакасском национальном краеведческом музее им. Л. Р. Кызласова (г. Абакан), и кольчатой бармицы, обнаруженной в окрестностях г. Саяногорск (хранится в г. Москва, в частной коллекции).  
Фото А. Болжурова





Наконечники стрел, характерные для культуры енисейских кыргызов: трехлопастные, со свистункой и бронебойные. Находки из Хакасии. Музей НГУ. Фото автора

частота стрельбы, повысилась роль и продолжительность ближнего и рукопашного боев. Для защиты применялись панцири-куяки из узких пластинок ламеллярного или чешуйчатого принципа крепления или широких пластин, которые крепились изнутри к матерчатой основе с помощью заклепок. Голову предохраняли сфероконические шлемы с обручем и навершием (Бутанаев, Худяков, 2000).

В последующую эпоху кыргызские княжества утратили политическую самостоятельность, и в XIII–XIV вв. кыргызы вошли в состав Монгольской империи. Утрата независимости привела и к застою в военном деле. Купол реконструированного шлема состоит из шести пластин, соединенных заклепками. К основанию приклепан узкий обруч. Навершие представлено в виде простой втулки для плюмажа. Кольчатая бармица была реконструирована в двух вариантах: открытом и закрытом. В закрытом варианте она защищает как заднюю, так и переднюю части шеи воина, незащищенным остается только лицо

**Стрелы енисейских кыргызов отличались наибольшим для своего времени разнообразием формы наконечников. Среди наконечников обычных стрел ведущими стали плоские, способствующие повышению скорострельности стрельбы. Среди бронебойных стрел возросло число стрел с тупым острием, которые могли пробивать панцири и кольчуги. Хранились стрелы в колчанах открытого типа, наконечниками вверх, колчаны крепились ремнями, петлями и крючьями к поясу**



Накладка на поясную сумочку (вверху), подвеска к ранговому поясу (справа). Государственный исторический музей Кыргызской Республики (Бешкек)

Бронзовые накладки на ранговые пояса, которые носили нерядовые воины, служили у древних кыргызов аналогом современных знаков военного различия. Фото автора



155

Накладка на конскую упряжь из позолоченной бронзы. Государственный исторический музей Кыргызской Республики (Бешкек). Фото автора





Предметная научно-историческая реконструкция шлема среднеазиатского (хорезмийского) воина XII–XIII вв. Выполнена по случайной находке купола шлема в юго-западном Казахстане и изображениям шлемов на персидских миниатюрах этого времени.

*Фото С. Борисенко*



### **ВЕЛИКИЙ ХОРЕЗМ: «ИХ ШЛЕМЫ СЛОВНО БЕЛЫЕ ЦВЕТЫ, И СЕРЕБРОМ СВЕРКАЮТ ИХ ЩИТЫ»**

Наиболее полно вооружение хорезмийских воинов представлено на знаменитом серебряном Аниковском блюде из собрания Государственного Эрмитажа, найденного в 1909 г. в Пермской губернии. Воины, изображенные на нем, «одеты в перетянутую золотым поясом, покрывающую все тело пластинчатую или чешуйчатую броню <...>, полы которой спускаются до щиколоток. У одного из всадников пластинчатой броней покрыт весь корпус коня. На головах у всадников округло-конические шлемы, увенчанные высокими столбообразными, закругленными сверху шишаками. У предводителя – шлем более сложной формы, трехгогий (вернее, по обе стороны шишака расположены два рогообразных выступа). Очелья шлемов посередине спускаются вниз на лоб треугольным выступом. Шлемы имеют назатыльники, видимо, сделанные из кольчужной сетки» (Толстов, 1948).

Хорезмийский шлем, который послужил «моделью» для реконструкции, подвергся сильной коррозии. Были утрачены шпиль навершия и часть налобной пластины, однако хорошая сохранность остальных деталей позволила определить все основные элементы конструкции.

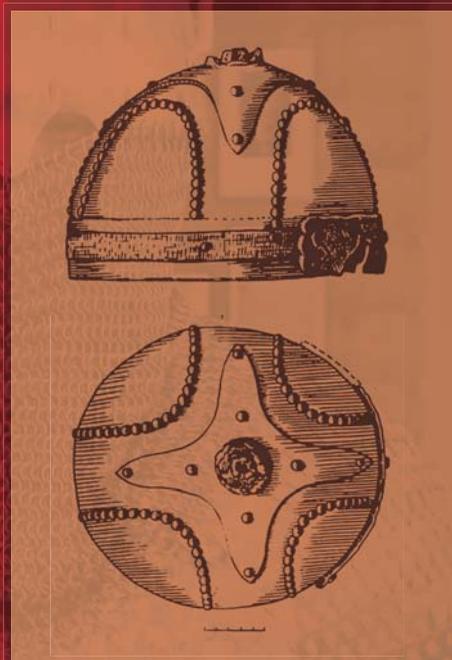
В основе тульи лежит крестовидная пластина, которой придана полусферическая форма. В арочные промежутки между «лучами» основной пластины вставлены четыре пластины полуовальной формы, соединенные плотным рядом заклепок –

дугобразные ряды их выпуклых шляпок рельефно выделяются на гладком фоне тульи. Поверх налобной части обода тремя заклепками прикреплена еще одна железная пластина, нижняя часть которой утрачена (очевидно, там располагался наносник).

На рентгеновском снимке нижнего края обода в затылочной и височных частях различим ряд небольших отверстий, служивших, очевидно, для крепления кольчужной бармицы. На купол тульи приклепано навершие с четырехконечным основанием, концы которого направлены по осям «лучей» основной пластины тульи. С его помощью, по-видимому, крепилась трубка, проходившая сквозь центр небольшой полусферы, также прикрепленной к основанию навершия

Один из персонажей «Шах-наме», выдающегося литературного памятника иранских народов, – молодая девушка Гурдафарид, дочь начальника крепости Сафед-диз, о которой говорили, что подобной ей «в битвах никто не видел». Надев «доспехи всадника», «румейский шлем» и «спрятал косы под кольчугой», она вступила в единоборство с героем Сохрабом, сыном Рустема. В образе женщины-воина в поэме представлена и Гурдия, сестра известного персидского полководца Бахрама Чубина, победителя древних тюрков в знаменитой Гератской битве. Гурдия облачена в «тяжелое вооружение и подпоясана наподобие воинов». А. М. Беленицкий выделил на фресках Пенджикента изображения воинственных молодых женщин, воспроизводящие воспетые в «Шах-наме» эпические образы воительниц с мечом в руке (Худяков, 2017)

Прорисовка средневекового шлема, обнаруженного у с. Мерке (Джамбульская обл., Казахстан).  
По: (Смагулов, 1989)





Предметная научно-историческая реконструкция шлема тянь-шаньского кыргызского воина XV–XVI вв. Выполнена по случайной находке купола шлема в Кыргызстане.  
 Фото А. Болжурова

**Сохранилось редкое свидетельство участия калмыцких женщин в победоносном военном походе на крымских татар в пределах Крымского полуострова, который случился после переселения калмыков в северо-западные районы Прикаспийских степей. Во время этого похода калмыки разбили наголову татарское войско и захватили множество пленных.**

**В монгольских эпических сказаниях «Аламжи-мэргэн» и «Айдурай-мэргэн» присутствует «девушка-амазонка» в мужском одеянии, которая заменяет в сражении своего убитого брата. Женщина-воин выступает главным героем в алтайском героическом эпосе «Алтын-Тууди», а в сказании «Маадай-Кара» супруга героя названа «женщиной-богатыркой». Подобные примеры можно найти в хакасских и тувинских сказаниях, а также в бурятском и якутском эпосе (Худяков, 2017)**

## КЫРГЫЗЫ ТЯНЬ-ШАНЯ: НА СТЫКЕ ДВУХ ТРАДИЦИЙ

Шлем, послуживший основой для реконструкции, был найден на высокогорном пастбище в местности Ак-Кель. Его невысокий цельнокованный железный купол внизу окаймлен широким разъемным пластинчатым обручем, к которому спереди прикреплен пятиугольный козырек. Поверх купола по диагонали идут две полосы. У шлемов центральноазиатских кочевников в эпоху развитого Средневековья подобными полосами стягивались пластины купола, но у ак-кельского шлема они не играют функциональную роль. Купол увенчан наверху в виде восьмилепестковой розетки, на вершине которой укреплена трубочка для султана или плюмажа.

Ак-кельский шлем сочетает в своей форме две культурные традиции: цельнокованный сферический купол характерен для переднеазиатской, персидской, а полосы, навершие, обруч и козырек – для центральноазиатской, кыргызской и киданьской традиций. Сочетание подобных элементов в одном предмете может свидетельствовать о том, что его изготовили в контактной зоне двух историко-культурных регионов, например, в эпоху позднего Средневековья, когда кыргызы из Восточного Туркестана начали заселять западные районы Тянь-Шаня.

В некоторых странах Восточной и Центральной Азии, таких как цинский Китай и Корея, практика применения сфероконических шлемов сохранилась до Нового времени (Худяков, Табалдиев, Солтобаев, 2004)



Шлем кыргызского воина, обнаруженный в местности Ак-Кель, в окрестностях с. Ичке-Суу (Кантский р-н, Чуйская обл., Кыргызстан). Государственный исторический музей Кыргызской Республики (Бешкек). Фото автора

Элементы пластинчато-клепанной системы бронирования из Хакасии (слева) и Тюменской области (справа). Такие пластины прикреплялись изнутри к тканевому или кожаному верху одежды, в том числе к бармице. Музей НГУ. Фото автора





### ПОСЛЕДНИЕ «САМУРАИ» САЯНО-АЛТАЯ

В XVII в. основу отрядов кыргызских князцов составляли дружинники. Традиционно кыргызская знать и ее приближенные формировали панцирную конницу, а простолюдины и «серая кость» – отряды легковооруженных конных лучников. Однако в XVII в. число панцирников возросло за счет распространения защитного вооружения среди рядовых кыргызов и кыштымской знати.

Основным типом защитного вооружения кыргызских воинов в XVI–XVII вв. были пластинчато-нашивные панцири, но в XVII в. широкое распространение приобрели и панцири, «сплетенные» из колец. По составу и способу крепления они представляют собой кольчуги, где кольца склепаны заклепкой-гвоздем, выходящим на обе стороны кольца. Склепанные кольца могли применяться как самостоятельно, так и в сочетании с цельными сварными кольцами.

Кольчатые панцири широко использовали народы, населявшие северную окраину Великой степи. Тех же енисейских кыргызов описывали так: «Это воинственный народ, крепкий, высокий и плосколицый... Киргизы никогда не идут в набег без кольчуги и пик, которые они волочат сбоку от коней почти за острие».

Князцы и командиры отрядов енисейских кыргызов носили высокие сфероконические шлемы, снабженные козырьками, наверхиями с плюмажами из птичьих перьев и конского волоса, с бармицами и наушами. Характерным элементом оформления кыргызских шлемов были железные накладки с ребром жесткости и вырезным краем, прикрывавшие стыки пластин (Худяков, 2014)

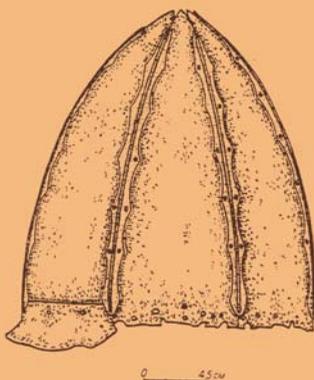
**Эпоха позднего Средневековья стала последним, завершающим периодом военной истории кочевых государственных образований еще представляли собой самостоятельную и внушительную военную силу, способную противостоять возросшей боевой мощи кочевых государств**

Фрагмент кольчатого доспеха XVII–XVIII вв., обнаруженного в Кошагачском р-не (Горный Алтай). В центре: так называемое «кольцо мастера», фирменное клеймо оружейника или знак владельца. Новосибирский государственный краеведческий музей. Фото автора

Предметная научно-историческая реконструкция шлема енисейского кыргызского воина XVII–XVIII вв. Выполнена по случайной находке купола шлема и фрагмента кольчатого плетения в Хакасии. Фото А. Болжурова

Купол шлема енисейских кыргызов, обнаруженный в Минусинской котловине (Хакасия).

Прорисовка Ю. Худякова. Минусинский региональный краеведческий музей им. Н.М. Мартянова



Редкий пример наличия в женском погребении разнообразного набора наступательного оружия – могильник Ортызы-Оба в долине р. Табат на юге Хакасии. Здесь был обнаружен двулезвийный железный меч, кинжал с обломанным обоюдоострым клинком, копье и другие предметы, характерные для вооружения енисейских кыргызов позднего Средневековья, а также железный топор и складной нож русского производства, железные пластины от панциря и т. п. Реконструированное одеяние представляет собой нагрудный пластинчатый панцирь с прикрепленными на спине шаманскими атрибутами, характерными для костюма тувинских шаманов. Элементы защитного вооружения отмечены для шаманской одежды и других народов Западной и Южной Сибири. Судя по находке в Ортызы-Оба, в позднем Средневековье в Минусинской котловине женщины-шаманки могли принимать участие в боевых действиях в составе военных отрядов енисейских кыргызов и их вассальных племен кыштымов, вдохновляя воинов



#### Литература

Бобров Л.А., Худяков Ю.С. Военное дело сяньбийских государств северного Китая IV–VI вв. н.э. Военное дело номадов Центральной Азии в сяньбийскую эпоху. Новосибирск, 2005.

Бобров Л.А., Худяков Ю.С. Вооружение и тактика кочевников Центральной Азии и Южной Сибири в эпоху позднего Средневековья и Нового времени (XV – первая половина XVIII в.). СПб.: Фак. филол. и искусств СПбГУ, 2008. 770 с.

Бобров Л.А., Худяков Ю.С., Филиппович Ю.А. Опыт экспериментальной реконструкции и функционального анализа защитного вооружения воинов Центральной Азии эпохи позднего Средневековья // Вестник НГУ. Сер.: История, филология. 2005. С. 95–103.

Горбунов В.В. Военное дело населения Алтая III–XIV вв. Ч. I: Оборонительное вооружение (доспех). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. 174 с.: ил.

Горбунов В.В. Сяньбийский доспех // Военное дело номадов Центральной Азии в сяньбийскую эпоху. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2005. С. 220–223.

Горбунов В.В. Методика реконструкции древнего оружия. Снаряжение кочевников Евразии: сборник научных трудов / Отв. ред. А.А. Тишкин. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. 248 с.: ил.

Кляшторный С.Г., Савинов Д.Г. Степные империи древней Евразии. СПб.: Филол. фак. СПбГУ, 2005. 346 с.

Кожомбердиев И.К., Худяков Ю.С. Комплекс вооружения кенкольского воина // Военное дело древнего населения Северной Азии. Новосибирск: Наука, 1987. С. 75–106.

Никоноров В.П., Худяков Ю.С. «Свистящие стрелы» Маодуня и «Марсов меч» Аттилы: Военное дело азиатских хунну и европейских гуннов. СПб.: Петерб. Востоковед., 2004; М.: Филоматис, 2004.

Рец К.И., Юй Су-Хуа. К вопросу о защитном вооружении хуннов и сяньби // Евразия: культурное наследие древних цивилизаций. Горизонты Евразии. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 1999. Вып. 2. С. 42–55.

Худяков Ю.С. Сабля Багыра: вооружение и военное искусство средневековых кыргызов. СПб.: Петерб. востоковед.; М.: Филоматис, 2003. 180 с.

Худяков Ю.С. Бобров Л.А. Шлемы кочевников Центральной Азии в эпоху позднего Средневековья // Исторический опыт хозяйственного и культурного освоения Западной Сибири: Сб. науч. тр. / Под ред. Ю.Ф. Кирюшина, А.А. Тишкина. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. Кн. 1. С. 227–236.

Худяков Ю.С., Бобров Л.А., Филиппович Ю.А. Перспективы применения методики реконструкции доспехов для анализа функциональных свойств защитного вооружения кочевников Центральной Азии // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд-во Ин-та археол. и этногр. СО РАН, 2004. Ч. 2. С. 246–251.

Худяков Ю.С. Женщины-воины у народов Сибири и Центральной Азии в древности и средние века // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2017. Т. 16, № 3. Археология и этнография. С. 80–88.

# ПОДПИСКА

На сайте журнала «НАУКА из первых рук» [www.scfh.ru](http://www.scfh.ru) Вы можете:

● **Оформить подписку на печатную версию журнала**

3 номера печатной версии журнала, второе полугодие 2018 г. – 900 руб.

*В стоимость подписки включена доставка журнала заказной бандеролью.*

*Оригиналы бухгалтерских документов для юридических лиц (договор, счет-фактура и накладная) будут высланы Вам почтой.*

● **Купить отдельные выпуски печатной версии журнала «НАУКА из первых рук»**

*Печатные выпуски журнала доставляются по почте*

● **Способы оплаты**

*Электронные платежи:* через систему приема платежей Робокасса (банковскими картами, с помощью сервисов мобильной коммерции – МТС, Мегафон, Билайн – через интернет-банк ведущих Банков РФ, через банкоматы и т. д.)

*С помощью квитанции:* после оформления заказа Вам будет выслана квитанция ПД-4 для оплаты заказа в ближайшем отделении Вашего Банка

● **Оформить подписку на электронную версию журнала (PDF)**

3 номера электронной версии журнала (PDF), второе полугодие 2018 г. – 290 руб.

6 номеров электронной версии журнала (PDF), 2018 г. – 590 руб.

*Оплаченный номер электронной версии журнала (PDF) Вы получаете сразу после выхода очередного номера на указанный Вами адрес электронной почты*

● **Купить отдельные выпуски электронной версии журнала «НАУКА из первых рук» (PDF)**

● **Получить электронный доступ**

к статье за 29 руб., к выпуску за 79 руб., ко всем статьям на сайте журнала: на 1 мес. за 99 руб., на 6 мес. за 299 руб., на 12 мес. за 599 руб.

*При покупке электронного доступа Вы получаете возможность читать статьи сразу после успешной оплаты.*

**По адресу <http://scfh.ru/en/> Вы можете получить электронный доступ к англоязычной версии журнала *SCIENCE First Hand***

● **По всем вопросам обращаться:**

Тел.: 8 (383) 330-27-22  
Факс: 8 (383) 330-27-22  
e-mail: [zakaz@info-press.ru](mailto:zakaz@info-press.ru)

● **Платежные реквизиты:**

ООО «ИНФОЛИО»  
ИНН 5408148073, КПП 540801001  
Р/счет 407 02 810 523 120 001 110  
в Филиале «Новосибирский»  
АО «АЛЬФА-БАНК»,  
г. Новосибирск  
Кор/счет 30101810600000000774  
БИК 045004774

Стоимость подписки  
на 2-е полугодие 2018 г. – 900 руб.

● **Подписаться на электронную версию журнала Вы можете также:**

Научная электронная библиотека:  
[www.e-library.ru](http://www.e-library.ru)

Пресса.ру: [www.pressa.ru](http://www.pressa.ru)

*В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью*

# В мире науки

SCIENTIFIC AMERICAN

Ежемесячный научно-информационный журнал

www.sci-ru.org

№ 4, 5-6 2018



## Самообучающиеся роботы

Благодаря технике, которая обучается как ребенок, мы глубже понимаем, как разум и тело взаимодействуют друг с другом, обеспечивая обретение знаний и навыков.

## Совершенный зверь

Миксотрофы, крошечные морские создания, которые охотятся как животные, но развиваются как растения, способны повлиять на все — от популяций рыб до темпов глобального потепления.

## Первое чудовище среди черных дыр

Астрономы не могут понять, каким образом в ранней Вселенной самые первые сверхмассивные черные дыры смогли вырасти настолько большими.



*На обложке:  
научно-историческая  
реконструкция  
шлема кенкольского  
воина III–V в.  
Выполнена  
по изображениям  
воинов на фресках  
Восточного  
Туркестана  
и находкам деталей  
шлемов подобной  
конструкции  
на сопредельных  
территориях.  
Лаборатория  
палеотехнологий  
Научно-образовательного  
центра  
«Новая археология»  
Новосибирского  
государственного  
университета.  
Фото А. Болжурова*

ISSN 18-10-3960

