



62

В I–V вв. н.э. в Хакасии происходит органичное слияние разных культурных традиций, в ходе которых рождается новая, так называемая «таштыкская археологическая культура». Как же выглядели древние люди той эпохи? Это один из самых интригующих вопросов современной истории Сибири.

72

Первого августа мы отмечаем День памяти российских воинов, погибших в Первой мировой войне 1914–1918 гг. Что происходило в те годы на Восточном фронте и в тылу нашей страны, какую цену она заплатила за победу, одержанную над противником?



79

Мурманск, построенный на скалистых берегах незамерзающего Кольского залива, — самый большой в мире город за Северным полярным кругом, один из крупнейших портов нашей страны.





Девонский геологический период (419–358 млн лет назад) — время бурного развития органического мира Земли. Ископаемые свидетельства, подтверждающие существование в ту далекую эпоху многообразных растительных и животных форм, сохранились до наших дней и помогают реконструировать общую картину происходивших в биосфере процессов. В России образцы палеопочв столь древнего возраста обнаружены в Андомском геологическом разрезе, расположенном в Вологодской области на северо-восточном берегу Онежского озера.

Редакция осуществляет продажу отдельных номеров журнала и подписку на него

Адрес редакции: 119049,
Москва, ГСП-1,
Мароновский пер. 26.
Тел./факс: 8-499-238-43-10
www.ras.ru
E-mail: naukaross@naukaran.ru

Издательство «Наука»: 117997,
ГСП, Москва, В-485,
Профсоюзная ул., 90

Формат 60x90/8. Бум. л. 7.0.
Усл.-печ. л. 14.0. Уч.-изд. л. 14.1

Отпечатано в ППП «Типография "Наука"»,
121099, Москва, Шубинский пер., 6

Свидетельство о регистрации
№ 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 03.07.2014.
Заказ № 414. Выход в свет 28.07.2014
Тираж 512 экз. Цена свободная

© Российская академия наук,
Президиум,
«Наука в России», 2014



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Шпаков А. Молекулярные ключи к информационным вратам клетки.....	4
Наугольных С.	
Девонские палеопочвы Андомской горы	12
Карпов Г. Самородные металлы в пеплах вулканов	19
Черняев А., Варзарь С., Колыванова М.	
Ускорители в медицине	28

С МЕСТА СОБЫТИЙ

Хализева М.	
В контексте безопасности атомной энергетики	36

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Хренов Б. Верхняя атмосфера: встреча земных и космических сил	41
Яблоков А., Левченко В., Керженцев А.	
Переход к управляемой эволюции биосферы	48
Алексеев В.	
Патомский кратер — загадка сибирской природы	54
Киргинцев Э., Нарылков С. Лики древней Сибири.....	62

К 100-ЛЕТИЮ НАЧАЛА ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Базанов С. Россия в огне	72
Киселев А. Северный форпост России.....	79
Новикова И. Великая война: взгляд через столетие	86

ИЗ ПРОШЛОГО

Белавин А. Тайны «закамского» серебра	96
Авилова Л. История дорог и наземного транспорта по данным археологии.....	104

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

Детонация как альтернатива горению.....	69
Базовый элемент для американского ускорителя.....	93



Калининградская область — единственная в России,
 где проходили боевые действия в период
 Первой мировой войны 1914–1918 гг.,
 100-летие начала которой отмечается в 2014 г.
 Событиям тех лет на земле Восточной Пруссии,
 как тогда назывался этот регион,
 и их участникам Калининградский областной историко-
 художественный музей посвятил цикл выставок,
 о которых мы расскажем в следующем номере журнала.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КЛЮЧИ К ИНФОРМАЦИОННЫМ ВРАТАМ КЛЕТКИ

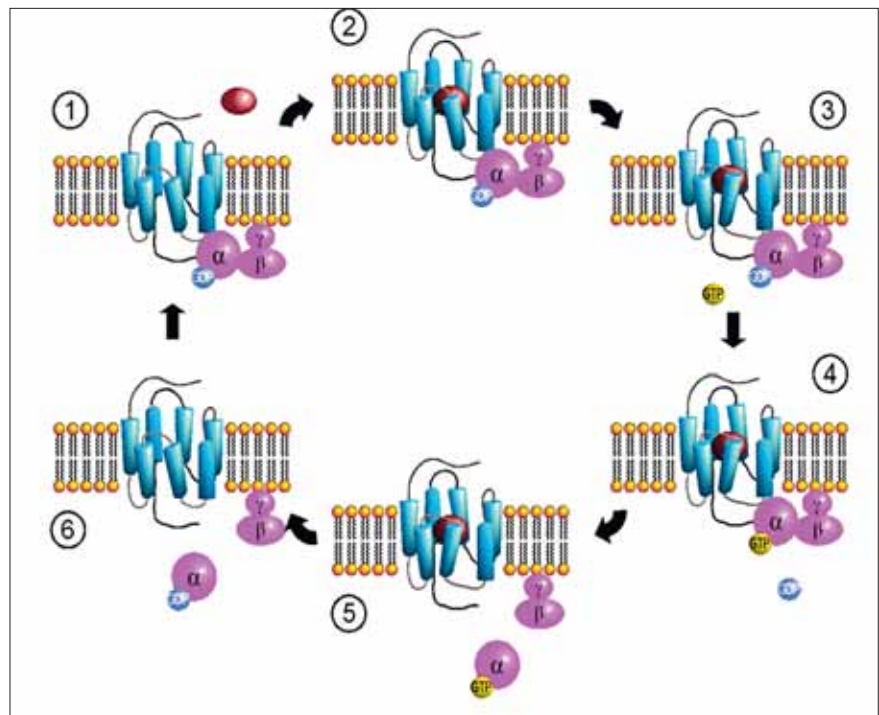
Доктор биологических наук Александр ШПАКОВ,
заведующий лабораторией молекулярной эндокринологии
Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН
(Санкт-Петербург)

Важнейшее условие функционирования живой клетки — адекватное восприятие управляющих ее работой внешних сигналов: гормонов и ростовых факторов. Большинство из них специфично взаимодействуют с располагающимися в плазматической мембране рецепторами серпантинного типа, которые для передачи сигнала внутрь клетки используют ГТФ-связывающие белки. Разгадка действия этих сложнейших природных механизмов очень трудна, достигается ценой огромных интеллектуальных усилий, а потому высоко оценивается мировым научным сообществом. За последние 20 лет открытия в данной области отмечены четырьмя Нобелевскими премиями.

Результаты этих прорывных исследований важны не только для расширения границ познания. Дело в том, что сопряженные с ГТФ-связывающими белками рецепторы служат мишенями для 40% применяемых в настоящее время лекарственных препаратов и не случайно находятся в центре внимания фармакологов и медиков. Последние годы ознаменовались появлением и внедрением революционных технологий для поиска и разработки высокоизбирательных регуляторов таких рецепторов, что кардинально меняет подходы к лечению многих заболеваний, а в итоге — и фармацевтический рынок.

Цикл активации гормоном рецептора серпантинного типа и сопряженного с ним G-белка.

- 1 — гормон подходит к рецептору, ассоциированному с G-белком;
- 2 — гормон связывается с лигандсвязывающим сайтом рецептора;
- 3 — меняется конформация рецептора и G-белка, вследствие чего сродство G-белка к гуанозиндифосфату (GDP) снижается;
- 4 — происходит замена GDP на гуанозинтрифосфат (GTP) в α -субъединице G-белка;
- 5 — α -субъединица диссоциирует от $\beta\gamma$ -комплекса и по отдельности они активируют нижележащие сигнальные каскады;
- 6 — α -субъединица разрушает GTP до GDP, что приводит к ее ассоциации с $\beta\gamma$ -комплексом.



РЕЦЕПТОРЫ, ПОХОЖИЕ НА СЕРПАНТИН

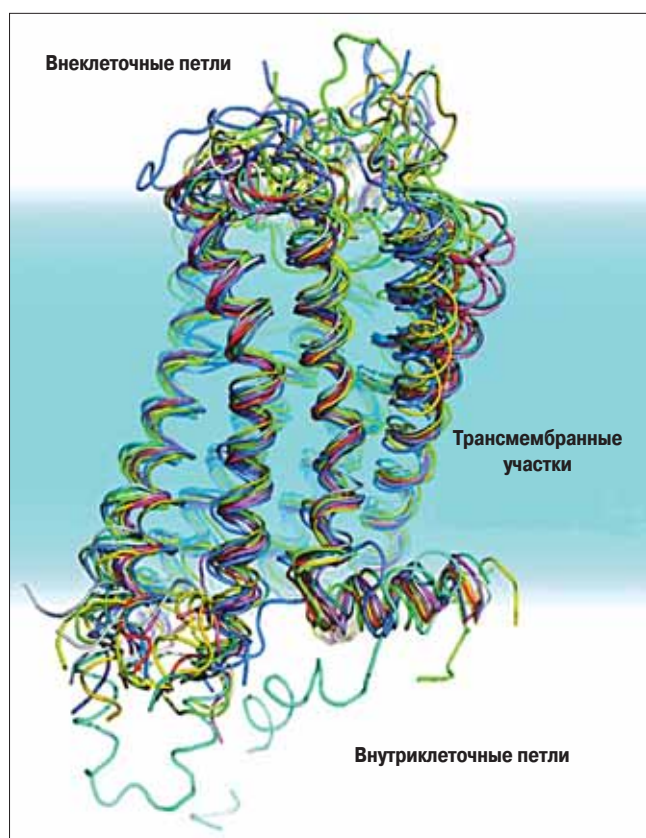
Ни один из биохимических и физиологических процессов в организме человека и животных не может протекать бесконтрольно. Функцию их дистанционных регуляторов выполняют высокоспециализированные сигнальные молекулы. Как уже сказано, это гормоны и ростовые факторы. Они с высокой специфичностью связываются с белками-рецепторами на поверхности клетки. Рецепторы — ее «информационные врата», именно через них осуществляются регуляция транскрипционных факторов, подавляющих или, напротив, усиливающих экспрессию генов. Таким образом они контролируют все жизненно важные клеточные процессы — метаболизм, рост, дифференцировку, движение.

Между рецептором, расположенным в начале сигнального пути, и транскрипционными факторами, находящимися в его конечной точке, в непосредственном контакте с генами, присутствует много специализированных белков, которые обрабатывают сигнал, преобразуют и усиливают его. Любые нарушения в работе сигнального каскада искажают ответ клетки на внешние управляющие сигналы, что в масштабах всего организма приводит к заболеваниям эндокринной, нервной, сердечно-сосудистой и других систем, развитию злокачественных опухолей и аутоиммунных патологий. Неудивительно, что изучение молекулярных механизмов функционирования гормональных систем и поиск новых подходов для их регуляции и коррекции — одна из самых актуальных проблем современной биологии и медицины.

В настоящее время известно много разновидностей гормональных рецепторов, но ведущее место среди них, несомненно, принадлежит рецепторам серпантинного типа, у человека их насчитывается более 1300. Своими извивами они действительно напоминают серпантин. Их важная отличительная особенность — наличие семи гидрофобных участков, пронизывающих плазматическую мембрану и образующих в ней подобие канала, во внутренней полости которого находится святая святых рецептора — сайт (участок) для специфичного связывания гормона. Конструкция сравнима с замочной скважиной, к которой, как ключ к замку, подходит только один гормон. Оpozнав «родной» сигнал, рецептор шлет его в глубь клетки. И здесь проявляется другая характерная его черта — взаимодействие с расположенными на внутренней стороне мембраны ГТФ*-связывающими белками (сокращенно G-белками), состоящими из субъединиц трех типов — α , β , γ .

G-белки, за открытие которых американские ученые Мартин Родбелл и Альфред Гилман получили в 1994 г. Нобелевскую премию по физиологии и медицине, служат главным связующим звеном между рецепторами и нижележащими сигнальными каскадами. В неактивном состоянии α -субъединица G-белка содержит нуклеотид гуанозиндифосфат и образует прочный «союз» с $\beta\gamma$ -комплексом. При активации рецептора гормоном структура G-белка меняется, что ведет к замене в

*Гуанозинтрифосфат (ГТФ) — нуклеотид, служащий субстратом для синтеза РНК в процессе транскрипции; источник энергии в биосинтезе белка (прим. ред.).



Пространственная структура GPCR.
Указаны внеклеточные петли,
семь трансмембранных участков
и внутриклеточные петли рецептора.

α -субъединице гуанозиндифосфата на гуанозинтрифосфат и вызывает ее диссоциацию от $\beta\gamma$ -комплекса. «Окрыленные ветром свободы» α -субъединица и $\beta\gamma$ -комплекс передают сигнал на внутриклеточные эффекторные белки, обеспечивающие функциональный ответ клетки на гормональное воздействие. Однако состояние свободы сиюминутно — α -субъединица разрушает гуанозинтрифосфат, снова воссоединяется с $\beta\gamma$ -комплексом, что возвращает всю систему восприятия сигнала в исходное неактивное состояние.

Неразрывная связь между рецепторами серпантинного типа и G-белками, обнаруженная еще в 1980-е годы, легла в основу общепринятого для них названия — сопряженные с G-белками рецепторы (GPCR — G protein-coupled receptors). Однако следует отметить, что совсем недавно были обнаружены рецепторы серпантинного типа, передающие гормональный сигнал без участия G-белков, что ставит под сомнение справедливость названия GPCR.

РЕВОЛЮЦИОННАЯ ОСНОВА ПОИСКА ЛЕКАРСТВ

Каждый гормон подходит к рецептору действительно как ключ к замку. С высокой специфичностью он взаимодействует с лигандсвязывающим*

*Лиганд — атом, ион или молекула, связанные с неким центром (акцептором). В биохимии это понятие применяется для обозначения агентов, соединяющихся с биологическими акцепторами, в частности рецепторами (прим. ред.).

сайтом рецептора, располагающимся в его трансмембранном канале. Однако такая избирательность связывания вовсе не обеспечивает высокую специфичность ответа. Во-первых, для одного гормона, как правило, имеются несколько типов рецепторов, и каждый из них регулирует разные сигнальные каскады, порой противоположные по конечному ответу клетки. Так, например, важнейший нейrogормон серотонин избирательно связывается с 18 подтипами серотониновых рецепторов, которые расположены в различных органах и тканях и регулируют множество биохимических и физиологических процессов. Во-вторых, даже тогда, когда для одного гормона имеется только один рецептор, на этапе взаимодействия первого с G-белками может происходить сложное ветвление и размежевание сигнальных каскадов. Причина в том, что GPCR, как правило, взаимодействуют не с одним, а с несколькими типами G-белков, каждый из которых связывает рецептор с вполне определенным сигнальным путем.

Все это указывает на сложные и порой трудноразрешимые проблемы, встающие перед исследователями в процессе разработки селективных регуляторов GPCR. Актуальность этих поисков определяется тем, что сопряженные с G-белками рецепторы являются мишенями, как упоминалось, для 40% всех используемых в настоящее время лекарственных препаратов. В последние годы достигнуты впечатляющие успехи в поиске не только высокоселективных GPCR-лигандов, но и принципиально новых подходов к их созданию. Большую роль в этом сыграли выдающиеся работы американских ученых Роберта Лефковица и Брайана Кобилки, удостоенных в 2012 г. Нобелевской премии по химии за прорывные исследования в области GPCR. Важнейшим их достижением стало открытие в 2007 г. трехмерной структуры β -адренергического рецептора (он входит в семейство GPCR) в его естественном окружении в плазматической мембране. Для этого рецептор сначала перевели в кристаллическую форму, а затем подвергли рентгеноструктурному анализу. Таким образом, с высокой точностью определили конфигурацию его лигандсвязывающего сайта, что позволило предсказывать химическую структуру соединений, специфично с ним взаимодействующих. В 2008–2014 гг. трехмерная структура была установлена еще для полутора десятков сопряженных с G-белками рецепторов. Удалось выработать критерии для создания GPCR-лигандов с требуемой активностью. В числе последних полные агонисты (активирующие GPCR), инверсионные агонисты (снижающие активность GPCR и подавляющие эффекты полных агонистов) и нейтральные антагонисты (препятствующие связыванию GPCR с агонистами).

Если раньше для обнаружения одного искомого лиганда, даже при использовании подходов молеку-

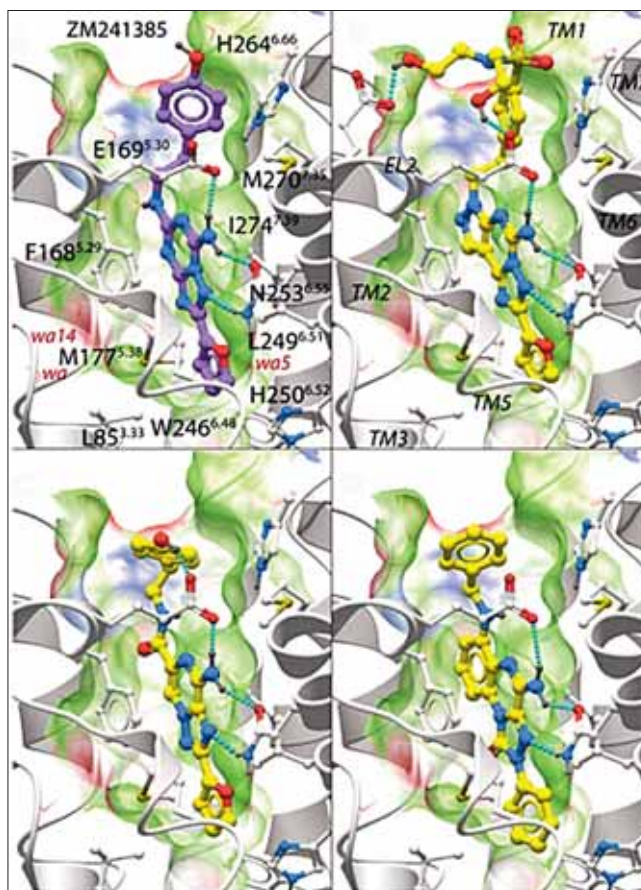
Иллюстрация того, как с помощью базовой основы скрининга лекарств ведется поиск новых агонистов и антагонистов GPCR. В компьютерной модели выбранное химическое вещество встраивается в лигандсвязывающий карман рецептора, имеющего точно установленную пространственную структуру. Рассчитывается, насколько эффективно тестируемое соединение взаимодействует с рецептором. Перспективное вещество синтезируется и подвергается биологическому тестированию.

лярного моделирования, требовалось перебрать сотни и тысячи соединений, а зачастую поиск проводился вслепую и включал скрининг сотен тысяч веществ, то после расшифровки пространственной структуры GPCR эффективность этого процесса возросла на порядки. Более того, если в прежние годы главенствовал принцип: нашли активное вещество, затем изучали его аналоги, лишь немного меняя структуру, то с использованием новой стратегии, которую назвали «Structure-based drug screening» («базовой основой скрининга лекарств»), можно разрабатывать GPCR-лиганды с совершенно новой химической структурой. И полученные здесь результаты почти фантастические.

Среди 25 лигандов, сконструированных для β_2 -адренергического рецептора, шесть с высоким сродством связывались с рецептором, причем химическая структура двух из них была принципиально новой. В случае A_{2A} -аденозинового рецептора из 76 синтезированных веществ 30 оказались активными (39%), для D_3 -дофаминавого рецептора из 26 соединений активными были шесть (23%), для H_1 -гистаминового рецептора из 26 — 19 (76%).

Высокая эффективность поиска GPCR-лигандов принципиально меняет саму стратегию разработки лекарств фармакологическими компаниями. В этой ситуации та исследовательская группа, которая первой расшифрует пространственную структуру очередного GPCR, способна достаточно быстро разработать практически всю линейку функционально активных лигандов этого рецептора и в краткосрочной перспективе наполнить ими лекарственный рынок. Это оставит не у дел фармацевтические компании, на протяжении десятков лет специализировавшиеся на тотальном скрининге химических соединений.

Исключительно важным как с теоретической, так и с практической точек зрения является открытие множественности активных конформаций (пространственных структур) GPCR, сделанное Робертом Лефковицем, Брайаном Кобилкой и швейцарским химиком, нобелевским лауреатом 2002 г. Куртом Вютрихом в 2011–2012 гг. Ими было установлено, что рецептор имеет не одну, а несколько активных конформаций, причем его переход в одну из них зависит от химической природы лиганда. Это позволяет еще на уровне связывания последнего выбрать тот путь, по которому сигнал будет передаваться внутрь клетки, и строго детерминировать клеточный ответ. В настоящее время развернут широкий фронт исследований по разработ-



ке GPCR-лигандов, чье действие высокоселективно не только в отношении рецептора, но и в отношении нижележащего сигнального каскада.

GPCR-ПЕПТИДЫ

Несмотря на большие успехи в поиске классических GPCR-лигандов, они не могут быть применены для эффективной регуляции всех сопряженных с G-белками рецепторов и имеют ряд побочных эффектов. В связи с этим ведутся поиски других регуляторов, предполагающих взаимодействие с участками рецептора, которые хоть и не включены в лигандсвязывающий сайт, но влияют на его активную конформацию и на контакты GPCR с G-белками. Наибольший интерес здесь представляют GPCR-пептиды, соответствующие по своей структуре функционально важным цитоплазматическим участкам рецепторов. Они были открыты еще на рубеже 1980–1990-х годов, но интенсивно изучать их стали только в последние годы, когда были расшифрованы молекулярные механизмы их действия на клетку, что позволило разработать их высокоактивные аналоги.

Первые шаги в поиске высокоактивных GPCR-пептидов были сделаны в 2002 г. группой Атана Кулиопулоса из Бостонского института молекулярной кардиологии (США). Исследователи установили, что присоединение к GPCR-пептидам гидрофобного радикала



Синтез пептидов проводится на твердофазных сорбентах с помощью пептидных синтезаторов.



Для очистки пептидов и их производных используется высокоэффективная жидкостная хроматография.

(части молекулы, которая эффективно взаимодействует с неполярными веществами, например с жирами и липидной фазой мембран) многократно повышает их биологическую активность в биохимических экспериментах *in vitro*. В качестве гидрофобных радикалов обычно используют остатки значительных по размеру жирных кислот. Такие модифицированные гидрофобными радикалами пептиды были названы пепдуцинами. В дальнейшем удалось показать, что они активны и в условиях *in vivo* — эффективно регулируют биохимические и физиологические процессы в изолированных органах и тканях и у экспериментальных животных. Высокая активность этих соединений обусловлена тем, что гидрофобный радикал обеспечивает их эффективный транспорт через мембрану, позволяет «заякориваться» на ее внутренней поверхности и

эффективно взаимодействовать с расположенными там белками-мишенями. А главными мишенями для пепдуцина являются комплементарные ему участки гомологичного рецептора, вследствие чего в тех клетках и тканях, где таковой отсутствует, действие указанного соединения не выявляется. Оно не может взаимодействовать с «чужаком», с которым у него нет структурного сходства и в котором нет комплементарных ему участков. Все это лежит в основе рецепторной и тканевой специфичности действия пепдуцинов и во многом определяет их ценность как прототипов лекарственных препаратов.

Пепдуцины обладают активностью внутриклеточных агонистов и антагонистов — они способны сами, в отсутствие гормона, переводить рецептор в активную конформацию и запускать сигнальный каскад.



Введение крысам GPCR-пептидов.

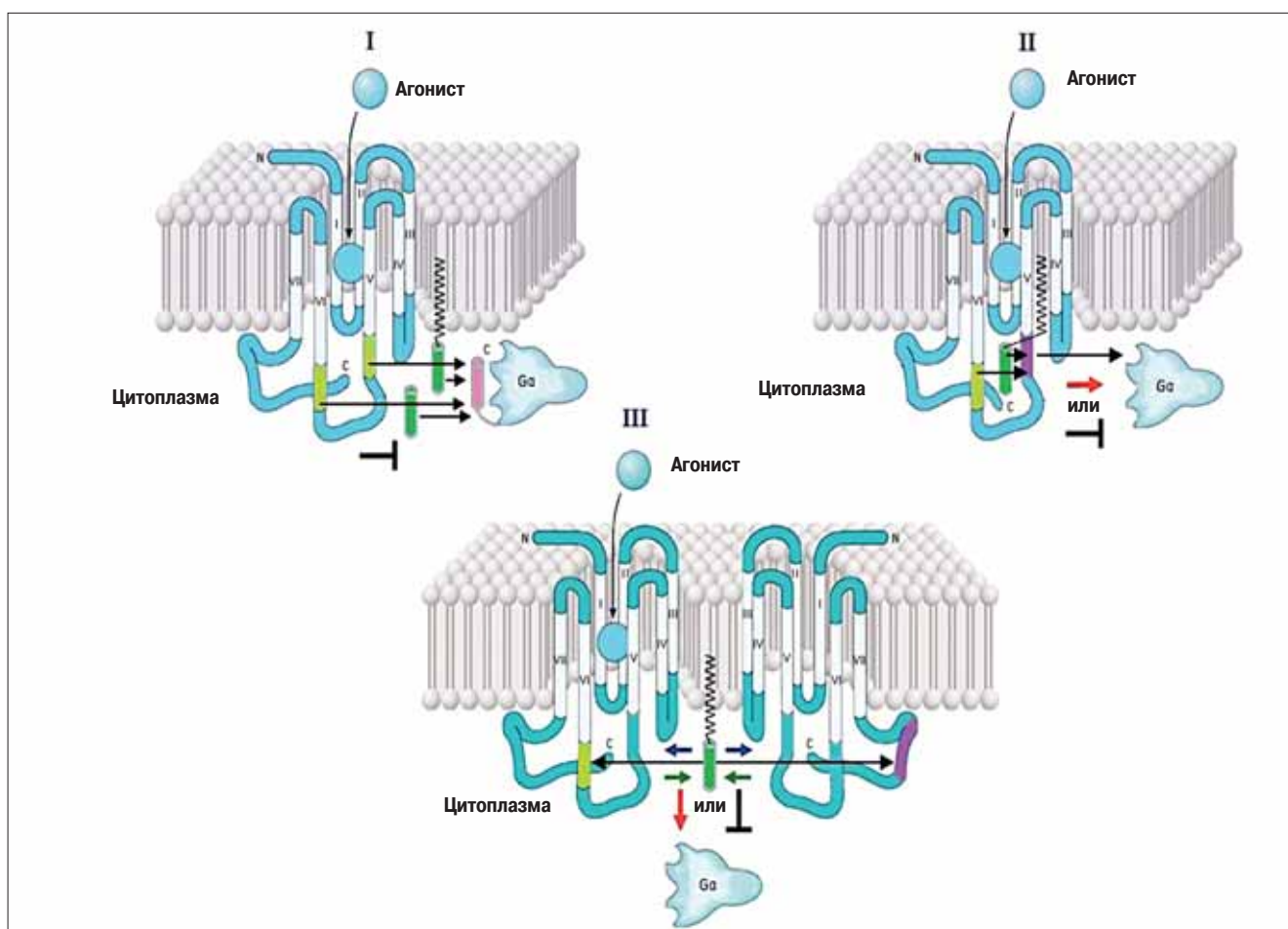
Важно подчеркнуть, что взаимодействие пепдуцина с гомологичным рецептором переводит его во вполне определенную конформацию, что обеспечивает высокую селективность в отношении активации внутриклеточных сигнальных каскадов и точечный характер их воздействия на биохимические процессы в клетке. Вот лишь некоторые примеры.

В 2006 г. Атаном Кулиопулосом и его сотрудниками был разработан пепдучин, соответствующий цитоплазматическому участку протеаза-активируемого рецептора (ПАР) 4-го типа, который при введении животным предотвращал у них артериальный тромбоз, одну из основных причин инфаркта миокарда и ишемического инсульта. В 2013 г. они открыли пепдучин P2pal-18S, соответствующий ПАР 2-го типа, который предупреждал развитие экспериментального острого панкреатита и был высокоэффективным даже спустя неделю после начала заболевания. В 2014 г. группой Арнольда Спекса (США) было показано, что пепдучин P1pal-12 с активностью антагониста ПАР 1-го типа подавляет развитие фиброза легких у мышей и может быть использован для лечения идиопатического легочного фиброза, который в настоящее время не восприимчив к лекарственной терапии. Еще более уникальные свойства присущи препарату PZ-128, созданному в 2012 г. Пингом Жангом и его коллегами из Тафтского университета (США) на основе пепдуцина, производного ПАР 1-го типа. Он подавляет экспериментальный артериальный тромбоз у морских свинок и обезьян, восстанавливает функции тромбоцитов у пациентов с коронарным вмешательством, не вызывая при этом побочных эффектов. PZ-128 также подавляет развитие и метастазирование рака молочной железы, яичников и

легких, не уступая по эффективности существующим сейчас противоопухолевым препаратам.

В лаборатории молекулярной эндокринологии Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН мы начали работы по созданию пепдуцинов в 2005 г., сконцентрировав внимание на селективных регуляторах центральной нервной и эндокринной систем. Нами были разработаны пепдучины, соответствующие по структуре цитоплазматическим участкам рецепторов серотонина, релаксина, лютеинизирующего и тиреотропного гормонов, показана их высокая специфичность и эффективность в условиях *in vitro*. При введении крысам пепдучина 612–627(Pal), производного рецептора тиреотропного гормона, наблюдалось повышение уровня тиреоидных гормонов, что свидетельствует о стимулирующем его влиянии на функции щитовидной железы, о чем было сообщено в 2012 г. Одна из возможных областей применения 612–627(Pal) — его использование для повышения эффективности терапии радиоактивным йодом рака щитовидной железы и многоузлового нетоксического зоба. При введении в органы репродуктивной системы самцам крыс пепдучина 562–572(Pal), производного рецептора лютеинизирующего гормона, отмечалось повышение уровня тестостерона, что указывает на перспективность этого соединения для лечения андрогенной недостаточности.

Даже небольшие изменения в структуре GPCR-пептидов, модификация функциональными группами и создание на их основе разветвленных и сетчатых образований способны не только повысить избирательность и эффективность действия соединения, но и кардинально изменить спектр его биологической активности. Все это открывает практически неисчер-



Основные механизмы действия пептидов (Шпаков, 2013).

Ярко-зеленый сегмент — пептид с присоединенным к нему гидрофобным радикалом (черная зигзагообразная линия).

Гомологичные участки рецептора выделены светло-зеленым цветом, комплементарные — фиолетовым.

I — прямое взаимодействие пептида с C-концевым участком α -субъединицы G-белка, осуществляемое с низкой специфичностью, не представляет интереса для разработки селективных GPCR-регуляторов;

II — взаимодействие пептида с комплементарными участками гомологичного рецептора определяет активность его и сопряженных с ним сигнальных каскадов, лежит в основе терапевтического действия этих соединений;

III — взаимодействие пептида с димерным комплексом, образованным двумя молекулами-рецепторами. Оно влияет на стабильность комплекса и лежит в основе специфической биологической активности пептида.

паемые возможности для разработки на основе GPCR-пептидов лекарственных препаратов целевого назначения.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Нарушение функциональной активности рецепторов — одна из первопричин многих заболеваний, поскольку в общей их основе обычно лежит нарушение информационного обмена между клеткой и окружающей средой. Сопряженные с G-белками рецепторы являются в нем ключевым звеном, соответственно, компенсация и нормализация их функций — одно из магистральных направлений лечения и предупреждения этих патологий.

Причинно-следственные связи между изменением активности GPCR и развитием патологического

состояния могут быть весьма непростыми. Один из факторов многих недугов — мутации в GPCR, меняющие его чувствительность к гормону и функциональную активность, или появление в организме антител к внеклеточным участкам рецепторов. Так, значительная часть заболеваний щитовидной железы связана с нарушением функций рецептора тиреотропного гормона. Активирующие мутации делают его совершенно неуправляемым, вызывают гиперактивацию зависимых от него сигнальных каскадов и в конечном итоге приводят к врожденному гипертиреозу, токсическому зобу, раку щитовидной железы. Стимулирующие антитела к рецептору этого гормона усиливают рост щитовидной железы и вызывают тиреотоксикоз. В настоящее время ведутся интенсивные исследования генома человека с целью иден-

тификации и систематизации мутаций в GPCR и оценки их роли в развитии наследственных и соматических заболеваний. Особое внимание уделяют комбинациям мутаций в нескольких рецепторах и функционально связанных с ними сигнальных белках, что вызывает сочетанные заболевания и сложные симптомокомплексы. Показано, например, что инактивирующие мутации в меланокортиновом рецепторе 4-го типа могут приводить к ожирению и метаболическому синдрому, а в случае одновременного появления таких отклонений в функционально связанных с этим рецептором белках вероятность и тяжесть недугов существенно повышаются.

Значительный интерес в последние годы приобрели аутоиммунные заболевания, вызываемые антителами к GPCR. Если раньше речь шла в основном о роли антител к рецептору тиреотропного гормона в развитии патологий щитовидной железы, то в последние годы появились неоспоримые доказательства, что антитела к GPCR являются первопричинами таких болезней, как кардиомиопатия, комплексный регионарный болевой синдром, а также некоторых когнитивных расстройств, причем этот список постоянно пополняется. У пациентов с идиопатической кардиомиопатией были обнаружены антитела, выработанные на внеклеточные участки β -адренергического рецептора, которые его блокируют и становятся причиной болезни. Лечение таких больных обычными препаратами малоэффективно, поскольку при этом не устраняется причина недуга — антитела. Их удаление с помощью иммуносорбентов (а такие подходы в настоящее время уже реализованы) позволит ее убрать, что приведет к выздоровлению пациентов. В нашей стране очень плодотворно в этом направлении работают сотрудники Российского кардиологического научно-производственного комплекса (Москва): они ведут поиск методов лечения сердечно-сосудистых заболеваний, вызванных антителами к β -адренергическим рецепторам.

Все вышесказанное свидетельствует о важности дальнейшего выявления таких патологий с помощью экспериментальных исследований. В них животных иммунизируют пептидами, содержащими антигенные детерминанты рецепторов, и изучают, к каким патологическим последствиям это привело. В рамках выполнения проекта Российского фонда фундаментальных исследований мы сейчас создаем модели аутоиммунных заболеваний при иммунизации подопытных животных конъюгатами GPCR-пептидов. Так, в опытах с крысами мы использовали с этой целью пептиды, включающие антигенные детерминанты меланокортинового рецептора 4-го типа, что привело к ожирению, нарушению чувствительности к инсулину и другим функциональным расстройствам, характерным для сахарного диабета II типа, а также снизило когнитивные функции и исследовательскую активность. В этой связи отметим, что перспективной представляется разработка комплексной исследовательской программы по широкому скринингу аутоиммунных заболеваний, вызываемых антителами к GPCR.

Данное направление имеет и еще одно важное приращение. Поскольку для проникновения некоторых

вирусов в клетку требуются GPCR клеток хозяина, то выработка антител к этим рецепторам выведет их из строя и предотвратит заражение. Среди вирусов, использующих GPCR для инфицирования, — вирус иммунного дефицита человека (ВИЧ) I типа, которому для попадания в лимфоциты необходим рецептор GPR1. Недавно было установлено, что моноклональные антитела, выработанные на рецептор GPR1, препятствуют проникновению ВИЧ I типа в клетку и блокируют ее заражение.

Нами и другими исследователями показано, что на начальном этапе многих заболеваний меняются число и функциональная активность GPCR, и эти изменения носят компенсаторный характер. До определенного момента они обратимы. Однако в том случае, когда патогенетические факторы продолжают действовать длительное время, функционирование рецепторов нарушается необратимо, что ведет к генерализации заболевания и развитию его осложнений. Следовательно, функциональное состояние GPCR может быть использовано для дифференциальной диагностики патологии, оценки ее тяжести и прогнозирования осложнений. А для предотвращения прогрессирования недуга необходима разработка стратегии повышения компенсаторных возможностей GPCR, и здесь в первую очередь могут быть использованы фармакологические подходы. Динамика изменений активности GPCR прослежена нами у животных с моделями сахарного диабета I и II типа. Показано, что нарушения в этих рецепторах и зависимых от них каскадах возникают задолго до развития осложнений со стороны нервной, сердечно-сосудистой, репродуктивной и других систем организма. Поэтому диагностика и компенсация этих нарушений на ранних стадиях позволяет, в частности, снизить тяжесть сахарного диабета и частично или полностью предотвратить его осложнения.

И в заключение. Отечественные ученые внесли весомый вклад в изучение структурно-функциональной организации и механизмов действия GPCR, их роли в возникновении заболеваний, в создание селективных регуляторов и модуляторов этих рецепторов. Здесь плодотворно работают научные школы, созданные академиками Юрием Овчинниковым, Всеволодом Ткачуком, Михаилом Кирпичниковым и др. Однако кризис последних лет привел к тому, что в этой наиболее перспективной и бурно развивающейся области современной биологии, фармакологии и биотехнологии в нашей стране наметилось очень серьезное отставание. Поэтому возникает острая необходимость выделения исследований по GPCR в отдельное приоритетное направление. Если это своевременно не сделать, то уже в недалеком будущем мы станем лишь зрителями торжества GPCR-технологий и будем платить неизмеримо большие деньги за плоды открытий иностранных ученых, чем те, которые могли бы быть выделены на собственные разработки.

Иллюстрации предоставлены автором

ДЕВОНСКИЕ ПАЛЕОПОЧВЫ АНДОМСКОЙ ГОРЫ

Доктор геолого-минералогических наук
Сергей НАУГОЛЬНЫХ,
Геологический институт РАН

Около 60 млн лет — такова предполагаемая продолжительность четвертого из шести геологических периодов палеозойской эры, девонского (419–358 млн лет назад).

Это было время бурного развития органического мира Земли.

Жизнь осваивала все новые и новые экологические ниши.

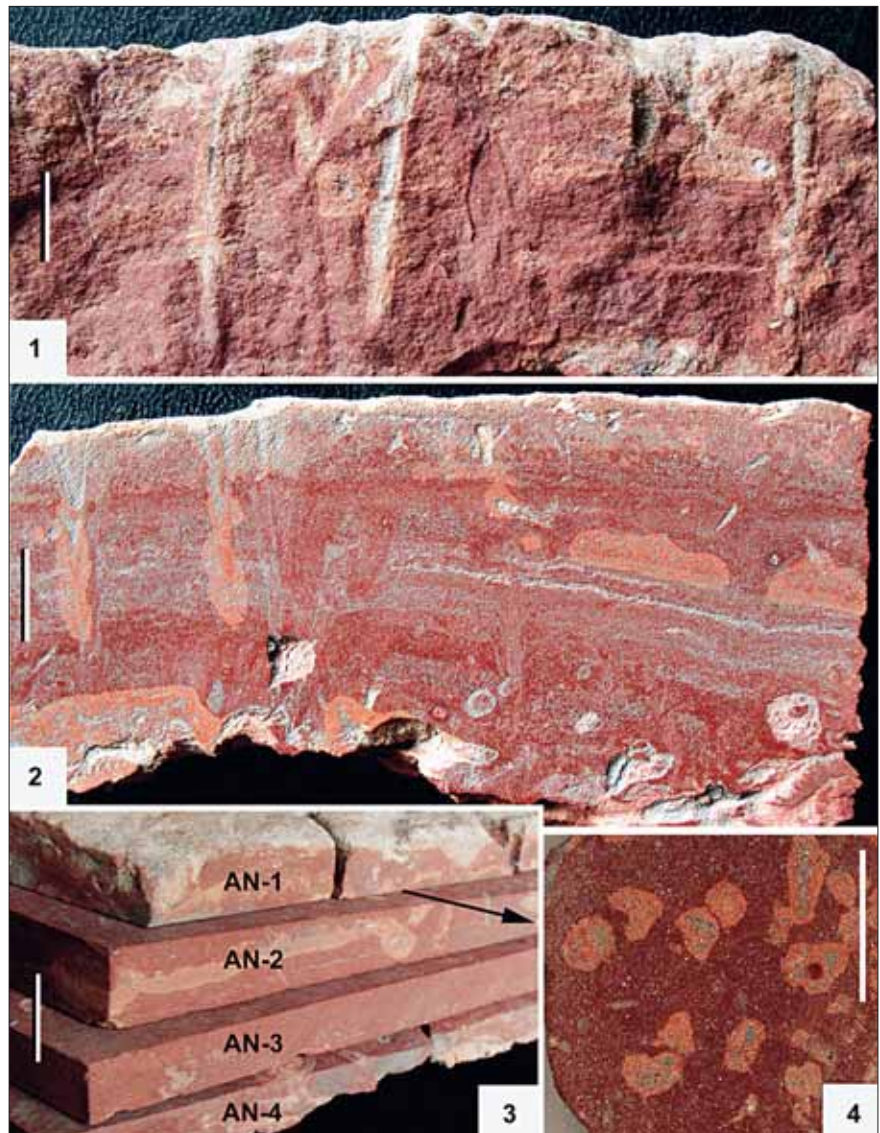
На суше появились прапапоротники и праголосеменные растения, в том числе древовидные формы, первые наземные позвоночные, в морях — панцирные и кистеперые рыбы и т.д. Ископаемые свидетельства, подтверждающие их существование в ту далекую эпоху, сохранились до наших дней и помогают реконструировать общую картину происходивших в биосфере процессов. Для их изучения ученые применяют методы многих естественных наук, в том числе и палеопочвоведения — междисциплинарного направления, занимающегося исследованием почв прошлого, их историей и эволюцией.

ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Начать статью мне хотелось бы с упоминания замечательной книги немецкого палеоботаника Ганса-Иоахима Швайцера. Ее название очень красноречиво — «Растения покоряют сушу» (Pflanzen erobern das Land). Перелистывая страницы, посвященные реконструкциям ландшафтов девонского периода,

читатель с удивлением рассматривает чудеса непри-
вычного для него растительного мира. Здесь и около-
водные низкорослые, не выше нескольких десятков
сантиметров заросли зостерофиллюмов и саудоний,
и напоминающие гигантские свечи колоннообраз-
ные стволы дюйсберггий, и куртины циклостигм (их
высота достигала 8 м) с ветвящимися побегами.

Строение
палеопочвенного профиля FPS-1,
северная часть разреза Андома-гора,
нижняя часть климовской свиты.
1 — профиль в вертикальном сечении;
видны вертикальные каналы,
оставленные почвенной инфауной
и корневыми ходами;
2 — строение профиля;
хорошо видно преобразование
исходно слоистого осадка
действием почвенной инфауны
и корневых систем;
3 — разделение профиля на образцы
для геохимических исследований;
номера образцов
соответствуют номерам в таблице
с данными по распределению
микроэлементов;
4 — поперечное сечение через
предполагаемые корневые ходы;
хорошо видны освещенные «рубашки»
вокруг корневых ходов,
связанные с действием
восстановительных процессов.
Масштабная линейка — 1 см.



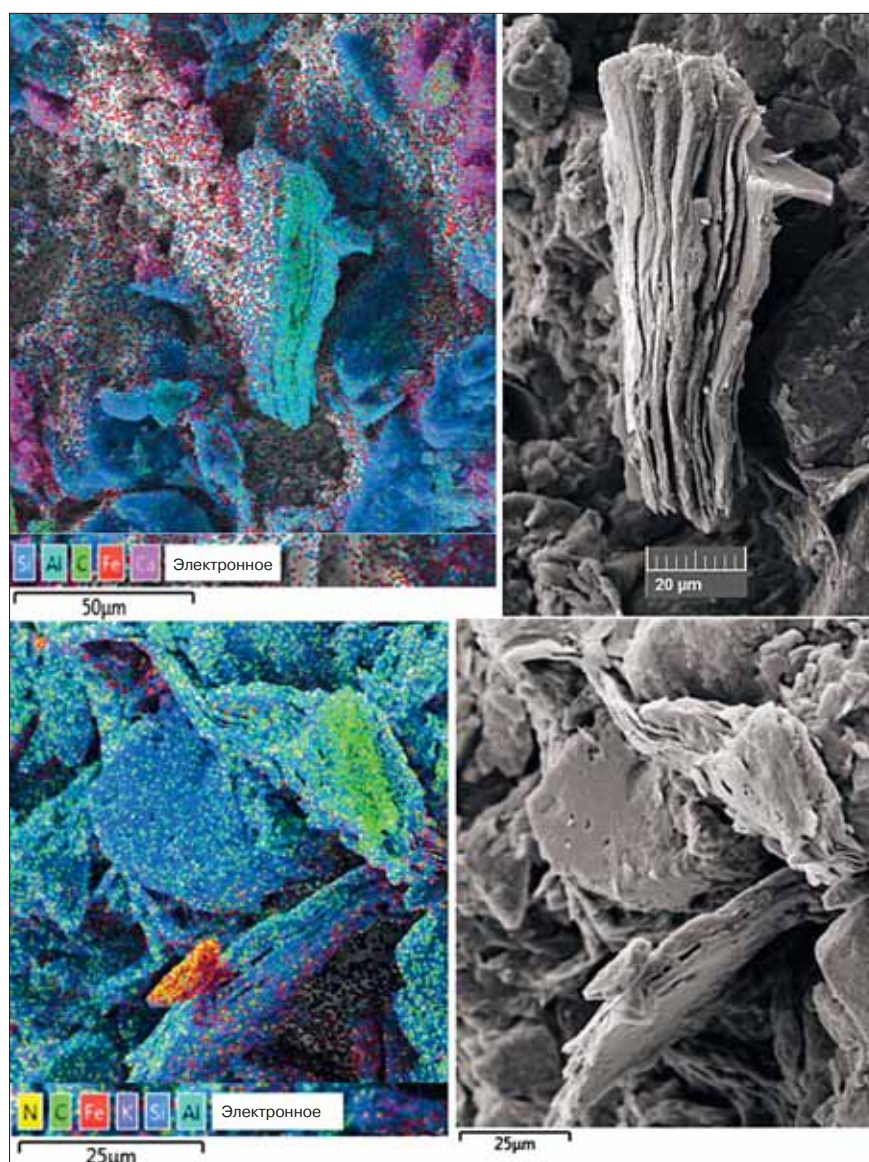
Геохимическая характеристика
палеопочвенного профиля FPS-1.
Содержание микроэлементов ($n \cdot 10^{-4}$, %).
Номера образцов соответствуют
представленным на фото 3.

	As (PP M)	Rb (PP M)	Sr (PP M)	Y (PP M)	Zr (PP M)	Nb (PP M)	Mo (PP M)	Ba (PP M)	Ce (PP M)	Pb (PPM)	Th (PP M)	U (PP M)
AN-1	4,6	72,5	79,9	16,7	294,3	15,6	<1,0	510,6	112,2	8,316	10,2	2,5
AN-2	4,4	59	90	22,5	223,9	12,7	<1,0	405,8	94,8	10,752	8,2	2,8
AN-3	8,8	52,4	90,1	23,5	251	11,3	<1,0	383,6	81,8	13,02	7,5	3,8
AN-4	6,2	77,4	101,4	27,3	296,6	14,9	<1,0	407,5	109,1	13,02	10,4	3,5

Мне приходилось бывать в гостях у профессора Швайцера в его загородном доме в Бонне, на левом берегу Рейна. Мы подолгу беседовали о растительности девона и, отдавая дань ее сокровищам, неизбежно обсуждали особенности девонских палеопочв.

Действительно, чарующее ботаническое многообразие середины палеозоя* не оставляет сомнений: почвы

*Палеозой ~540–250 млн лет назад) — геологическая эра, называемая также эрой древней жизни. Подразделяется на 6 периодов: кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский (прим. ред.).



Распределение химических элементов (фото слева) и микроморфология палеопочвенного профиля FPS-1 (фото справа), образец AN-2 в сканирующем электронном микроскопе. Скопления углерода соответствуют расположению вертикальных корневых ходов. Масштабные линейки указаны на фото.

этого периода были хорошо развиты и разнообразны. Но где их найти и что они из себя представляли?

Прежде чем перейти к ответу на этот вопрос, попробуем разобраться с самим предметом поиска. При изучении относительно молодых плейстоценовых* палеопочв, благодаря их хорошей сохранности, специалисты, как правило, используют те же методические приемы, что и при исследовании почв современных. А вот при рассмотрении палеопочв палеозойского и мезозойского** возраста в методику вносятся необходимые поправки, поскольку такие объекты, как правило, приурочены к значительно литифицированным, т.е. уплотненным и геохимически

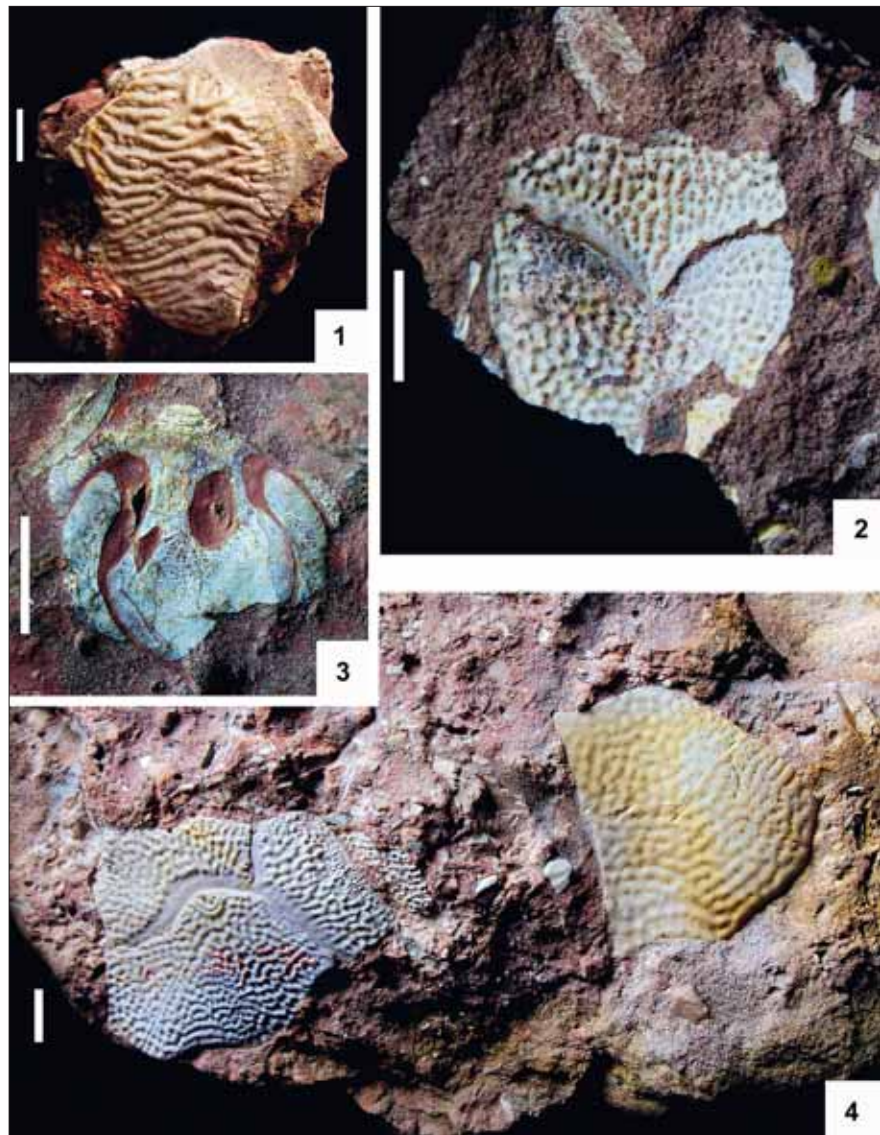
преобразованным осадочным толщам. Однако важно подчеркнуть, что подобные древние педогенные образования, как и обычные, нелитифицированные, изучаются с позиций классического генетического почвоведения. Напомню, что основы этой науки были заложены в конце XIX в. российским естествоиспытателем Василием Докучаевым.

Поскольку иногда под палеопочвой понимается древняя почва (как правило, плейстоценового или голоценового* возраста), первоначально погребенная, но позднее вновь оказавшаяся на поверхности и продолжающая функционировать, для терминологической точности предлагается ввести название «ископаемая палеопочва» (fossil Paleosol), а для краткого ее обозначения использовать латинскую аббревиатуру «FPS».

*Плейстоцен (2,58 млн лет — 11,7 тыс. лет назад) — эпоха четвертичного периода, характеризующаяся многочисленными оледенениями (прим. ред.).

**Мезозой (~250–66 млн лет назад) — геологическая эра; подразделяется на три периода: триасовый, юрский и меловой (прим. ред.).

*Голоцен — геологическая эпоха, продолжающаяся последние примерно 12 тыс. лет, вплоть до современности (прим. ред.).



Ископаемые остатки рыб
из верхнедевонских отложений
разреза Андома-гора:
1 — чешуя кистеперой рыбы *Holoptychius*;
2–4 — остатки панцирных рыб
Bothriolepis spp.,
2 — *medio-dorsale anterior* (передняя
срединная спинная пластинка);
3 — панцирь ювенильного экземпляра
с брюшной стороны;
4 — отдельные фрагменты
пластинок панциря.
Масштабная линейка — 1 см.

При изучении любого FPS-профиля логика исследования определяется тремя базовыми принципами. Во-первых, любая палеопочва должна восприниматься как неизбежная функция ландшафта, во-вторых, как функция времени и, в-третьих, как функция жизни или результат жизнедеятельности организмов.

Надеюсь, я не утомил читателя совершенно необходимой преамбулой, поскольку терминологический инструментарий нам понадобится в не меньшей степени, чем геологический молоток и лопата при изучении палеопочвенного профиля в поле.

ДЕВОНСКИЕ ГОРЫ

В России немного найдется мест, где можно наблюдать красноцветные отложения девонского возраста во всем их великолепии. Одно из них — Андомский геологический разрез (Андама-гора), расположенный в Вологодской области на северо-восточном

берегу Онежского озера. Это излюбленное место отдыха жителей близлежащей Вытегры, Петрозаводска и Санкт-Петербурга, однако в последние годы сюда частенько заезжают и москвичи — отдохнуть от суеты мегаполиса, подышать чистым воздухом и порыбачить. Не менее желанна Андома-гора (ее также называют Андомской горой) и для геологов, ведь ее обрывистые склоны позволяют изучить во всех подробностях особенности геологического строения региона.

Меня привели на Андому-гору поиски палеопочв. От петербургского палеоботаника кандидата геолого-минералогических наук Сергея Снигиревского я узнал, что здесь в береговых обрывах частенько встречаются стволы археоптерисов (формальный род — *калликси-лон*), древних предголеменных, отличающиеся хорошей сохранностью. Археоптерисы были сугубо наземными растениями, произраставшими, очевид-



Верхняя часть климовской свиты, разрез Андома-гора. На врезке слева (линейка — 1 см) показан ископаемый зуб двоякодышащей рыбы, найденный на этом стратиграфическом уровне.

но, относительно недалеко от мест захоронения. Да и мелководность осадков, часть которых вообще можно рассматривать как континентальные, дельтовые или даже эоловые (ветровые), свидетельствовала в пользу возможности обнаружения здесь палеопочв.

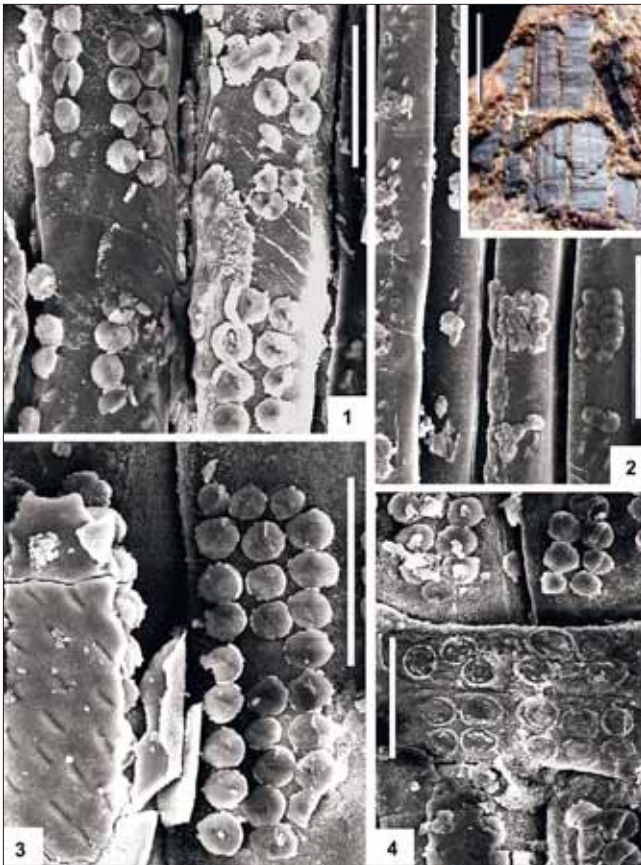
После детального изучения Андомского разреза мне действительно удалось обнаружить не менее трех палеопочвенных профилей. Под палеопочвенным профилем обычно понимают древнюю почву, разделенную на генетические горизонты А, В и С, различающиеся степенью и типом изменения исходного минерального субстрата под действием факторов почвообразования. Ниже подробно охарактеризованы два андомских палеопочвенных профиля. Для удобства рассмотрения они пронумерованы: нижний, более древний — FPS-1, верхний, более молодой — FPS-2. Как принято в геологии, будем продвигаться от нижнего профиля к верхнему, от древнего — к молодому.

Более древний палеопочвенный профиль приурочен на стратиграфической шкале к нижней части климовской свиты, верхний девон, франский ярус (~385 млн лет назад). Дать его характеристику в терминах генетических горизонтов пока сложно, однако некоторые особенности следует упомянуть. FPS-1 заложен на породе осадочного происхождения. На сечении хорошо видна исходная слоистость осадка, однако она нарушена действием факторов почвообразования. Верхняя поверхность профиля эродирована под действием атмосферных осадков и выветривания. В профиле видны вертикальные трубки —

следы корневых ходов и жизнедеятельности почвенной инфауны. При изучении его структуры под электронным сканирующим микроскопом удалось обнаружить мелкие углистые трубки и чехлики — остатки корневых систем высших растений.

В геохимических свойствах этого палеопочвенного профиля бросается в глаза повышенное содержание некоторых микроэлементов, в особенности бария и циркония, что может свидетельствовать в пользу привноса обломочного материала с Хибин — гор Кольского полуострова, т.е. с Балтийского щита, со стороны древнего континента Фенноскандии. Здесь, в докембрийских нефелиновых сиенитах и щелочных гранитах, особенно много минерала циркона, образованного силикатом циркония. Кстати сказать, из хибинского натролита, описанного геохимиком и минералогом академиком Александром Ферсманом в 1922 г., впервые был выделен барий, так что соседство его с цирконием в палеопочвах Андомской горы не случайно.

Палеопочвенные профили второго типа приурочены к верхней части климовской свиты. Они развиты гораздо лучше, «полнее», как говорят палеопочвоведы, чем FPS-1. Описание FPS-2 начнем с перекрывающей породы — песков. В их толще встречаются аллохтонные остатки минерализованных древесин прогимноспермов (археоптеридофитов) *Callixylon trifilievii* Zalesky до 30 см в диаметре и иногда более полуметра длиной. В самой же палеопочве (ее толщина 20-30 см) генетический горизонт А (гумусированный) отсутствует, а горизонт В сложен комкова-



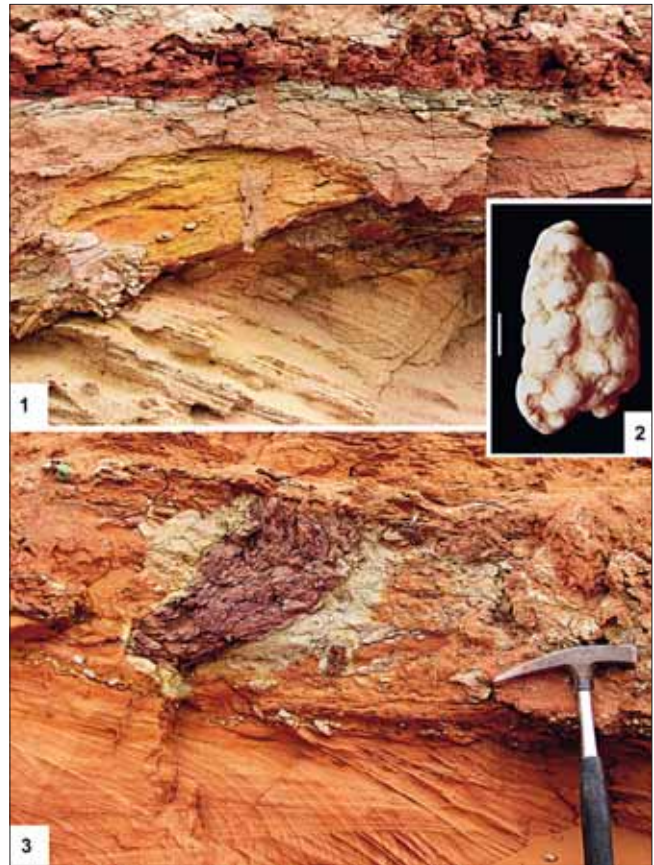
Анатомическое строение древесины *Callixylon trifilievii* Zalesky (образец, с которого получены препараты, справа вверху на врезке, линейка — 1 см). Хорошо видны проводящие элементы (трахеиды) с окаймленными порами. Масштабные линейки для фото анатомических препаратов — 50 мкм (1, 3, 4) и 100 мкм (2).

тым алевролитом. Встречаются редкие мелкие глинисто-карбонатные уплотненные образования размером до 1 см в диаметре. В толще палеопочвы обнаружены вертикальные и наклонные ходы, предположительно принадлежавшие почвенной инфауне. Они заполнены алевропелитом ярко-бордового цвета. Подстилающий слой (горизонт С) мощностью до 2–3 см сложен рыжим алевролитом с многочисленными карбонатно-глинистыми образованиями. Вмещающая порода (горизонт D) представлена песками. Наиболее близки обнаруженным девонским палеопочвам второго профиля современные железистые и хромовые камбисоли*, встречающиеся во влажных субтропиках.

ЗАГАДКА ДВОЯКОДЫШАЩИХ РЫБ

В FPS-2 обнаружилось некое странное образование, разгадка природы которого позволила по-новому взглянуть не только на палеопочвенные профили

*Камбисоли — относительно слабообразованные почвы, в которых почвообразование проявляется преимущественно в изменении окраски и структуры горизонтов (прим. ред.).



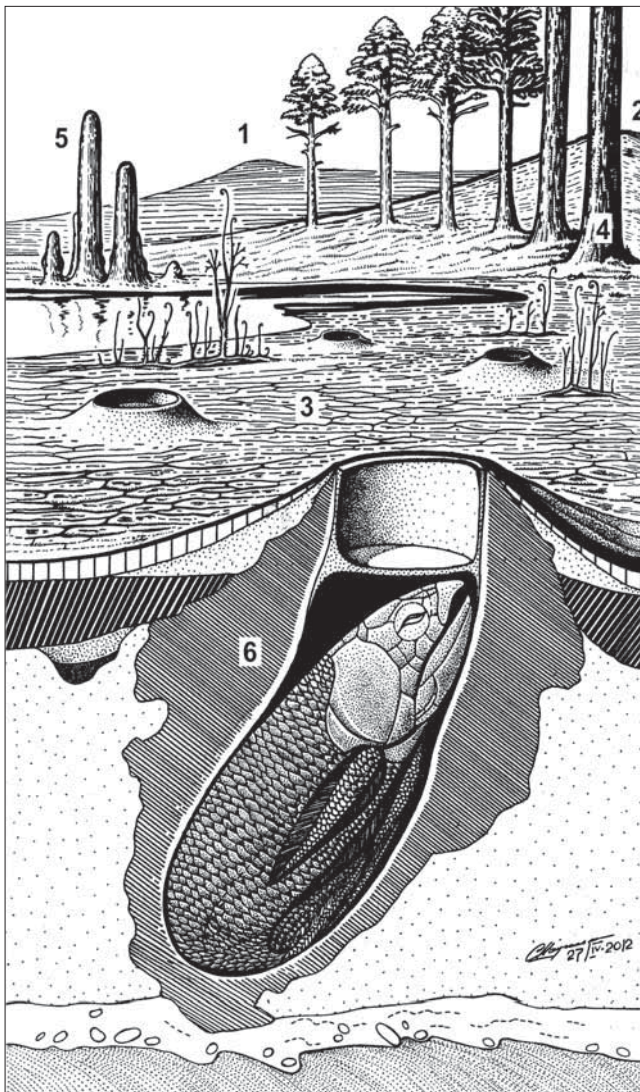
Верхняя часть климовской свиты, разрез Андома-гора.
1 — вишневые алевролиты субаэрального генезиса, перекрывающие желтые дельтовые пески;
2 — карбонатное педогенное образование;
3 — палеопочвенный профиль FPS-2 с предполагаемым коконом дипнои.

Андомской горы, но, в итоге, подойти к реконструкции ландшафта, существовавшего на этой территории в конце девонского периода.

Непосредственно в профиле располагалось наклонно ориентированное тело грушевидных очертаний, очень сходное с ископаемыми остатками коконов двоякодышащих рыб*, или дипной. Подобные коконы были ранее описаны из отложений каменноугольного и пермского возраста американским палеонтологом Джеймсом Макалистером в 1992 г. Однако двоякодышащие рыбы существовали уже и в девоне, занимая весьма заметное место в экосистемах древних лагун и обширных речных эстуариев (затопляемых устьев рек). Более того, зубы дипной были найдены непосредственно в девонских отложениях Андомского разреза.

Коконы и современным, и ископаемым дипноям были нужны для переживания периодов засухи, когда мелководные эпиконтинентальные или вну-

*Двоякодышащие рыбы — древняя группа пресноводных рыб, представленных в современной фауне тремя реликтовыми видами, обладающими как жаберным, так и легочным дыханием (прим. ред.).



Ландшафтная реконструкция условий формирования ископаемых почв Андомского разреза:

- 1 — области сноса, источник поступления кластического материала (Фенноскандия);
- 2 — низкие холмы, возвышенность, до которой не доходит вода при максимальном уровне в ходе сезонных колебаний;
- 3 — аккумулятивная низменность, примыкающая к мелководному эстуарию или опресненной лагуне;
- 4 — прогимноспермы *Archaeopteris* sp. (стволы — *Callixylon trifilievii* Zalesky);
- 5 — нематофитон (прототакситес);
- 6 — кокон дипнои.

Далеко у горизонта видна цепочка высоких гор. Это вершины хребтов Фенноскандии, сложенных изверженными, интрузивными и метаморфическими породами архея* и протерозоя**. Продукты разрушения гор сносились на близлежащую равнину водами рек, ручьев и временных потоков. На равнине, ближе к обширным речным эстуариям и лагунам произрастали археоптерисы с раскидистыми кронами. Их минерализованные древесины встречаются в песках Андомской горы. В низинах наше внимание привлекли бы колоннообразные плодовые тела гигантских древних грибов нематофитонов. А на поверхности закладывающихся по соседству гидроморфных подтопляемых почв мы заметили бы небольшие низкокониические возвышения с центральной впадинкой — миниатюрным «кратером», расположенным на вершине. Под этими мини-курганами эволюции, в толще почвенного профиля, скрывались в ожидании нового сезонного подъема воды двоякодышащие рыбы.

В качестве послесловия следует отметить, что велика вероятность обнаружения палеопочв более высоких степеней зрелости в девонских отложениях в Ленинградской, Новгородской, Воронежской и Орловской областях. Здесь, помимо относительно мелководных морских, лагунных и аллювиальных отложений, присутствуют и разнообразные континентальные фации (осадки), в том числе и с макроостатками наземных растений. Поиск палеопочвенных горизонтов в этих отложениях представляется весьма перспективным.

*Архей — геологическая эра, длившаяся с 4 до 2,5 млрд лет назад (прим. ред.).

**Протерозой — геологическая эра, внизу граничившая с археем; длилась около 2 млрд лет (прим. ред.).

триконтинентальные водоемы пересыхали. В этих кризисных жизненных обстоятельствах и у других обитателей пересыхающих девонских водоемов появились адаптации для выживания на суше. Вспомним кистеперых рыб, переползавших «посуху» из одного водоема в другой и таким образом постепенно приспособившихся к аэральным условиям. Между прочим, ископаемые остатки таких рыб тоже встречаются в девонских отложениях Андомской горы. Получается, что обнаружение ископаемого кокона двоякодышащей рыбы в профиле FPS-2 органично сочетается с общими представлениями о ландшафтной ситуации, существовавшей здесь в позднедевонскую эпоху.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛАНДШАФТА

Ну а теперь мы попробуем взглянуть на позднедевонский ландшафт, существовавший около 360 млн лет назад на северо-западе Русской платформы.

Иллюстрации автора

САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПЕПЛАХ ВУЛКАНОВ

Доктор геолого-минералогических наук Геннадий КАРПОВ,
заместитель директора Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
(Петропавловск-Камчатский)

Вулканизм — часто неожиданное, иногда катастрофическое, во многом еще не познанное явление природы, отражающее проявление мощных физико-химических и динамических процессов в недрах Земли.

С извержениями на поверхность выносятся глубинное газообразное, жидкое и твердое вещество. Изучение его важно как для расширения знаний о внутренних сферах планеты, так и в практическом плане — для рудной геологии, вулканологии и многих смежных дисциплин — сейсмологии, климатологии, экологии.

Несмотря на значительные объемы лавовых продуктов, изменяющих рельеф территорий и наращивающих земную кору, общепризнано, что выбрасываемые в воздух мельчайшие частицы — пеплы и аэрозоли (по оценкам, ежегодно в атмосферу поступает порядка 100 млн т вулканического пепла) — оказывают основное воздействие на атмосферу, а при наиболее мощных, катастрофических извержениях — и на климат Земли в целом.

Переносимые ветром на сотни километров массы пепла представляют существенную угрозу для авиации.

Они также способствуют накоплению рыхлого материала в почвах и водоемах. В этой связи немаловажное значение имеют знания о вещественном и минеральном составе пеплов, чему и посвящена настоящая статья.



**Вулкан Ключевской,
14 октября 2013 г.
Фото Ю. Демянчука**

Рядовые извержения сопровождаются выбросом в воздух до 5000 т мелко- и тонкодробленного вулканического материала только за одну секунду. При крупных и катастрофических событиях его объемы возрастают. Так, в кульминационный период извержения вулкана Безымянный на Камчатке 30 марта 1956 г. было выброшено около 150 млн т пепла. По данным сотрудников Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН кандидата технических наук Николая Жаринова и Юрия Демянчука, за период с 1955 по 2009 г. только от этого вулкана в атмосферу поступило 918,5 млн т пепла. При сильном взрыве на вулкане Карымский 11 мая 1963 г. эруптивное (вулканическое) облако поднялось на высоту 10 км. На прилегающей территории выпало до 150 кг/м² смеси шлака, песка и пепла, а в районе г. Петропавловска-Камчатского, расположенного в 130 км к югу, был зафиксирован слой пепла толщиной до 2 мм. Мощные пепловые выбросы обычны для действующих ныне вулканов Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Кизимен на Камчатке, Сакурадзима в Японии, Сент-Хеленс в США, Гекла и Гримсвотн в Исландии, Стромболи в Италии, Попокатепетль в Мексике, Рабаул, Мерапи, Кракатау в Индонезии и др.

По мере удаления от центра эрупции изменяются многие характеристики выпавшего на землю вещества — состав и размер частиц, структура, текстура, минералогия. В первую очередь происходит сортировка материала по размеру и удельному весу зерен. Вблизи вулкана выпадает пепел крупных фракций (0,5–2 мм и более) с наиболее тяжелыми минералами, в составе которых основное место занимают зерна пироксенов, оливина, магнетита и др. На наибольшее расстояние уносится пепел мелких фракций

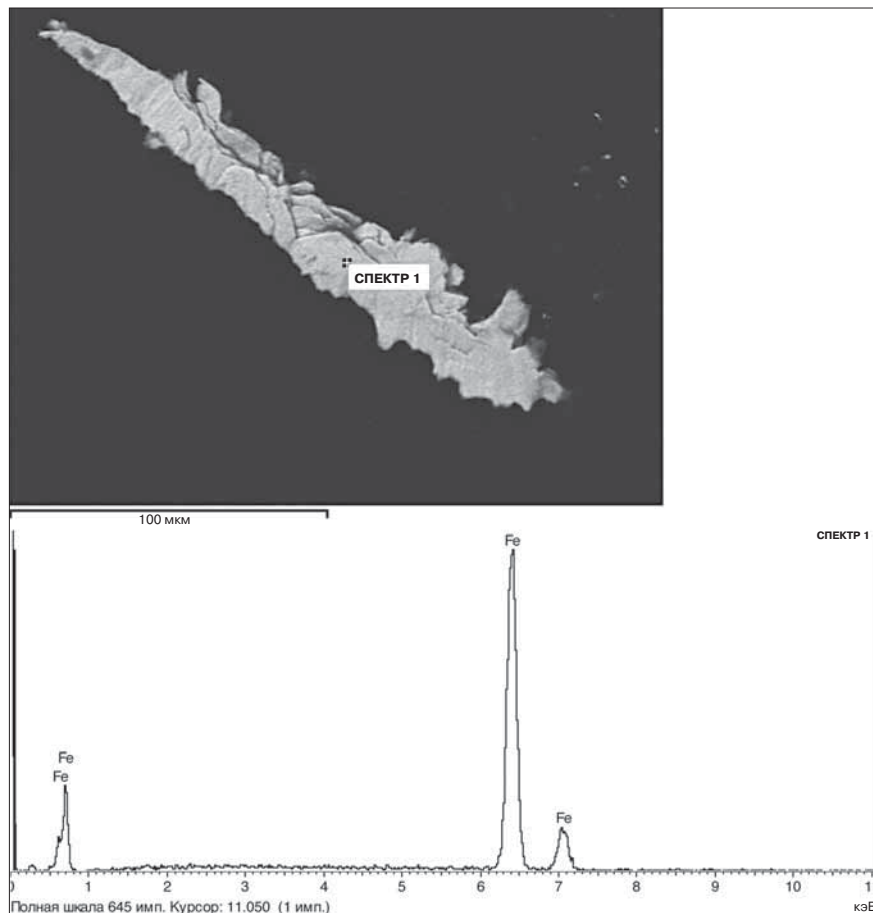
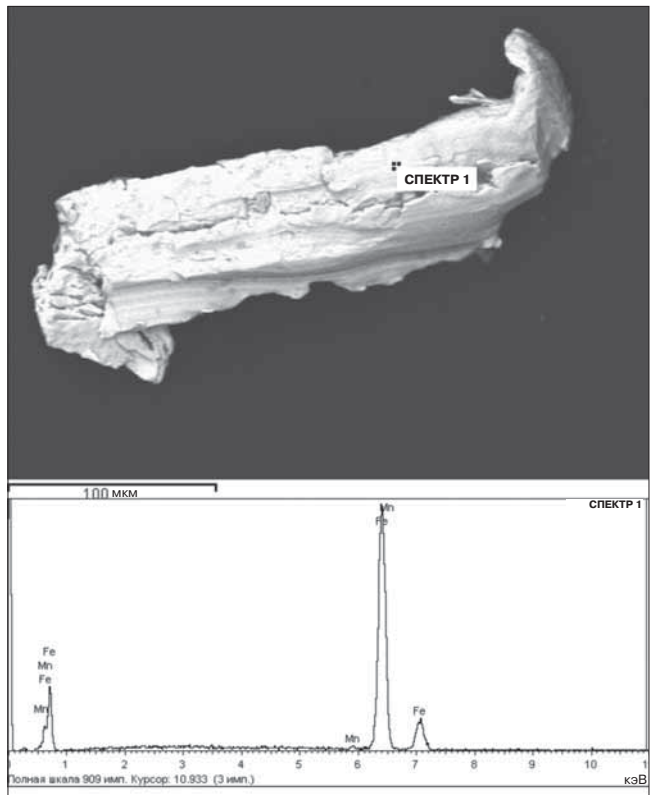
(0,01–0,1 мм), характерный для таких осадочных пород, как пелиты и алевриты. Преобладают в нем частички вулканического стекла угловатой, иногда остроугольной формы, а общее количество обычно не превышает 10–15% (очень редко до 30%) от массы выброса. Для пелитовой фракции характерны так называемые акцессорные минералы (т.е. содержащиеся в незначительных количествах), среди которых нередко апатит, циркон, рутил, ильменит, гематит, пирит. Особенности минерального состава и granulometрии частиц, формирующих почвенно-пирокластический чехол (он представляет собой «слоеный пирог» из чередующихся горизонтов погребенных почв и пеплов) на разных расстояниях от вулканов, позволяют геологам реконструировать разрезы отложений, дешифровать возраст извержений и т.д. В данной статье мы акцентируем внимание лишь на одном аспекте: малоизученных самородных рудных минералах пеплов разных вулканов мира.

Начнем с группы железа-платины (Fe-Pt). Встречаются они редко и из-за малых размеров зерен их обнаружение зачастую возможно только по результатам электронно-микроскопического и микрозондового анализа. Многочисленные частички самородного железа впервые были обнаружены нами в свежизверженных пеплах Карымского вулкана (начальная стадия извержения 1996 г.). Они имели удлиненную, иногда игольчатую форму, размер 0,02–0,06 мм, стальносерый цвет, обладали ковкостью и магнитностью. Анализ показал, что они сложены самородным низкотемпературным α -железом. Однако содержание его оказалось меньше 100%, что объясняется присутствием некоторого количества рентгеноаморфных окислов Fe. Выявлено также присутствие никеля, меди и кобальта.

**Удлиненная частица самородного железа
из пепла трещинного Толбачинского извержения
2012–2013 гг. и ее рентгеновский спектр.**

Изометричные частицы самородного железа размером 30 x 50 мкм мы обнаружили затем в пепле того же вулкана при мощном взрыве 24 июля 2002 г. Они имели рваные края, многочисленные субпараллельные трещинки и отличались отсутствием примесей. Вообще, в пеплах Карымского вулкана частицы Fe отмечаются практически во всех сильных эксплозиях*. Причем встречаются как зерна чистого железа, так и с примесями марганца, никеля, кобальта и меди. Единичные частицы Fe обнаружены и в пеплах вулкана Безымянный. Здесь они имеют изометричную форму, размер 50 x 110 мкм, примеси кобальта, никеля, марганца, иногда без примеси и примазки стекла. Зерна железа найдены также в пеплах вулкана Шивелуч. Но особенно много частиц Fe мы обнаружили в пеплах начальной стадии трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. Для большей части его зерен характерны изометричная форма, светло-серый цвет, металлический блеск, ясно выра-

*Эксплозия — преимущественно взрывное вулканическое извержение, обычно сопровождаемое выбросами большого количества пирокластического материала, обломков лавы, пород стенок канальной части вулкана и газообразных веществ (прим. ред.).



**Копьевидная частица
самородного железа из пепла
вулкана Эйяфьятлайокиюдль
и ее рентгеновский спектр.**



Полевые работы на извержении.

женная магнитность. Под электронным микроскопом они выглядят как однородные удлиненные частицы белого цвета, размером 75×300 мкм, с заметными трещинками вдоль удлинения. Обычно содержат незначительные примеси марганца. Изредка встречаются довольно крупные (до 500 мкм) изометричные, каплеобразные зерна самородного Fe.

Угловатую форму имеют частички самородного железа в пеплах американского вулкана Сент-Хеленс (извержение 1981 г.). При общем удлинении до $75\text{--}80$ мкм они сформированы как бы из отдельных слипшихся тонких листочков. Характерны примеси марганца и никеля, реже цинка. Частичка железа сложной морфологии и без всяких примесей была обнаружена нами и в пеплах вулкана Спурр на Аляске (извержение 1992 г.). В пеплах исландского вулкана Эйяфьятлайокюдль (извержение 2010 г.) встречено несколько копьевидных частичек самородного Fe размером 30×180 мкм. По своему строению и морфологии поверхности они сходны с теми, что обнаружены в Сент-Хеленсе, но совершенно не содержат примесей.

Сопутствующими железу рудными минералами практически во всех пробах пеплов были субмикронные изометричные частицы самородных алюминия и меди (иногда с цинком, реже с оловом), мельчайшие сферулы оксида железа (иногда полые) и индивидуализированные кубические кристаллики (реже агрегаты) сульфида железа. Нередко попадались частички сплавов и интерметаллических соединений железа, марганца, хрома, никеля, титана, меди, молибдена. Встречались единичные мельчайшие зерна самородного никеля, титана и вкрапления молибдена. В

пеплах трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. найдено одно зерно сульфида ртути.

За более чем 15-летний срок отборов проб нами встречены только два зерна самородного никеля (Ni) — на вулканах Безымянный и Шивелуч. Они имели изометричную удлиненную форму, размер порядка $30(70) \times 200$ мкм, гладкую поверхность, явную слоистость и очень незначительную примесь Fe.

Из группы благородных металлов за те же годы поиска и наблюдений мы обнаружили только одно зерно самородной платины и два — серебра (Ag). Остроугольное лентовидное зерно платины толщиной $0,4\text{--}0,8$ мкм и длиной до 200 мкм встречено в пробе пепла щелочных базальтов исландского вулкана Эйяфьятлайокюдль, отобранной во время его мощного извержения в марте 2010 г. В той же пробе выявлены 14 зерен рудных минералов, в их числе самородное Fe, гематит, ильменит, пирит, интерметаллиды титана, марганца, железа. С ними ассоциирует высокомагнезиальный минерал группы оливина — форстерит. Два сферических зерна самородного серебра без примесей мы обнаружили в пеплах вулкана Карымский (извержения 1996 и 2002 гг.). Их диаметр порядка 60 мкм, но состоят они из агрегата тончайших листочков размером $1\text{--}10$ мкм.

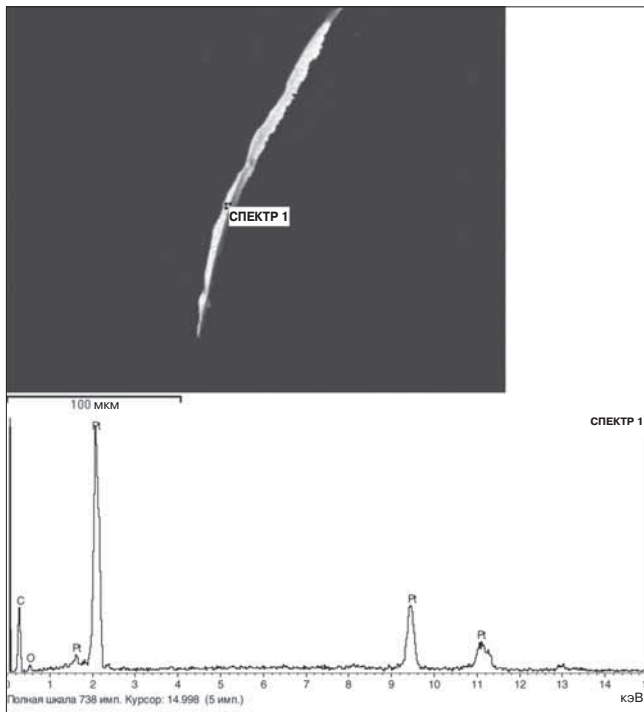
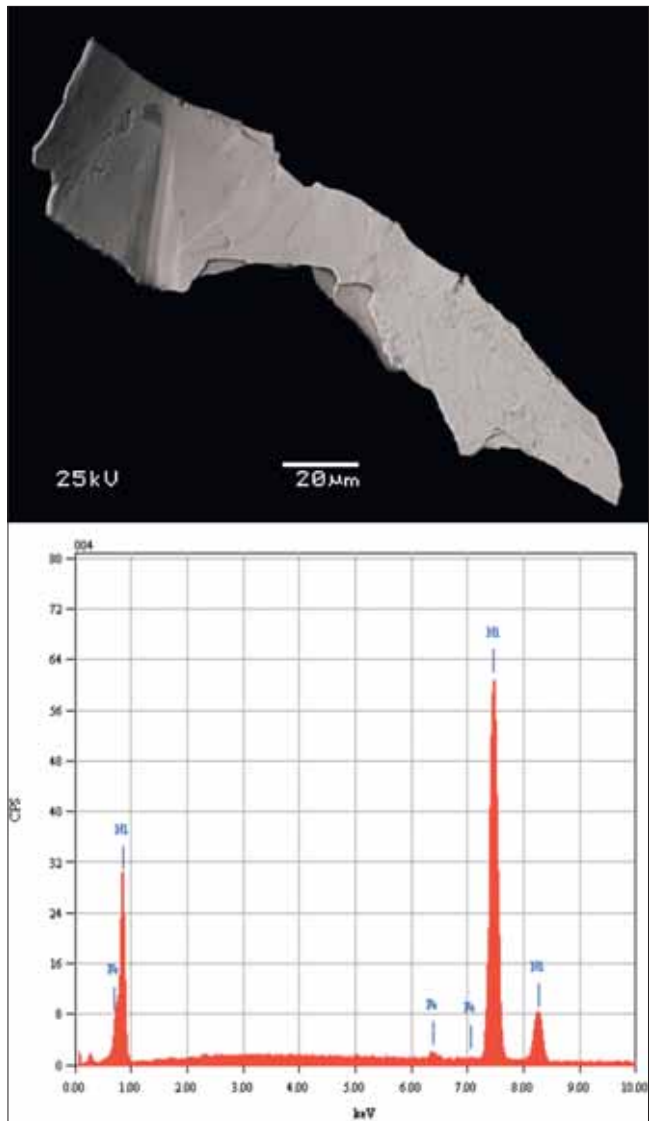
В одну группу металлов с золотом и серебром входит самородная медь (Cu) — они имеют однотипные кристаллические структуры, поэтому парагенезис* последней с серебром является нормальным. Считается, что медь в самородном состоянии встречается гораздо реже, чем ее сернистые и кислородные

*Парагенезис — совместное нахождение в тех или иных породах минералов, связанных общими условиями образования (*прим. ред.*).

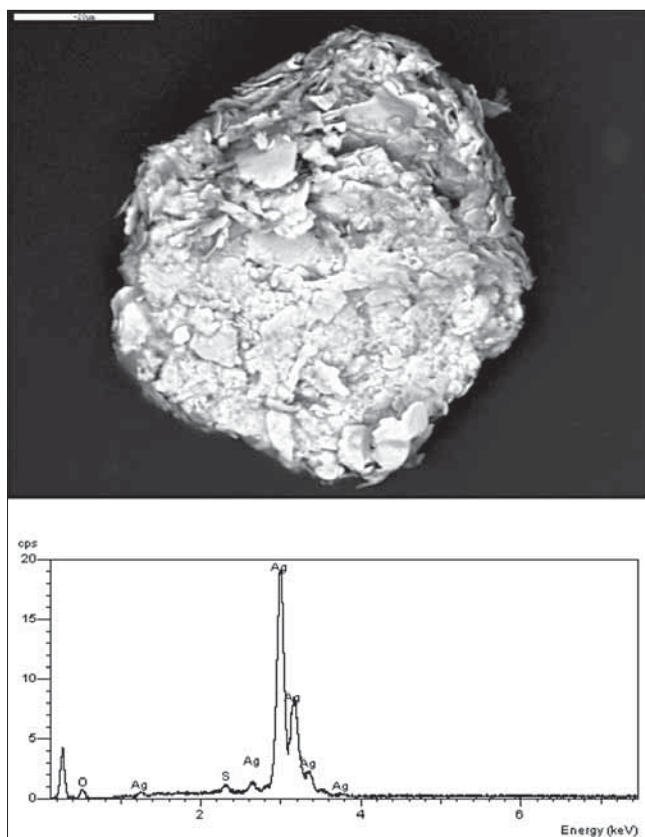
Частица самородного никеля из пепла вулкана Шивелуч и ее рентгеновский спектр.

соединения. Но в пеплах она обнаруживается довольно часто. Так, в Карымском вулкане (извержение 2006 г.) были зафиксированы два зерна Си каплеобразной формы. Мельчайшие ее частицы, часто в ассоциации с цинком, встречаются в пепле вулкана Безымянный. Содержащие цинк частицы меди присутствуют и в продуктах вулкана Сент-Хеленс. В пеплах начальной стадии Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. зафиксированы десятки изометричных частиц самородной меди, часто содержащих примесь олова (Sn) и цинка (Zn). Кстати, две частицы самородного цинка изометричной формы размером 50–400 мкм обнаружены в Карымском вулкане, а в пеплах начальной стадии трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. — около 10 зерен Zn, часто с примесью железа, меди, алюминия.

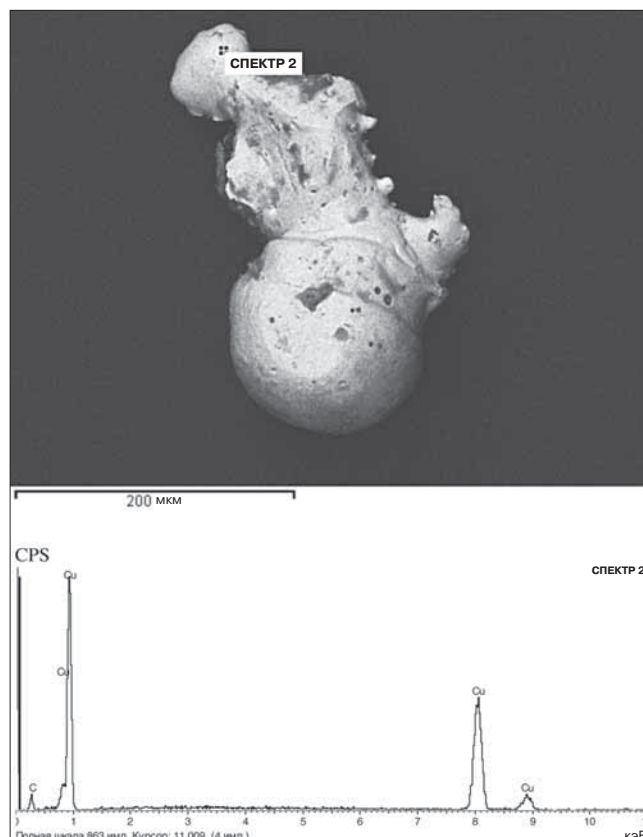
Субмикронные зерна молибдена (Mo) в самородном состоянии встречаются в стекловатых частицах пеплов Карымского вулкана. В качестве микровключений в кристаллах оливина они неоднократно наблюдались в пеплах трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. Природные интерметаллиды, в частности, частицы сложного состава (железо-марганец-хром-титан-молибден) не раз находили в пеплах Карымского вулкана. Изометричные частицы размером до 50 мкм, состава железо-марганец-хром-никель, со следами кремния были обнаружены в пеплах вулкана Шивелуч.



Частица самородной платины из пепла вулкана Эйяфьятлайокюдль и ее рентгеновский спектр.



**Округлая частица самородного серебра
из пепла вулкана Карымский и ее рентгеновский спектр.**



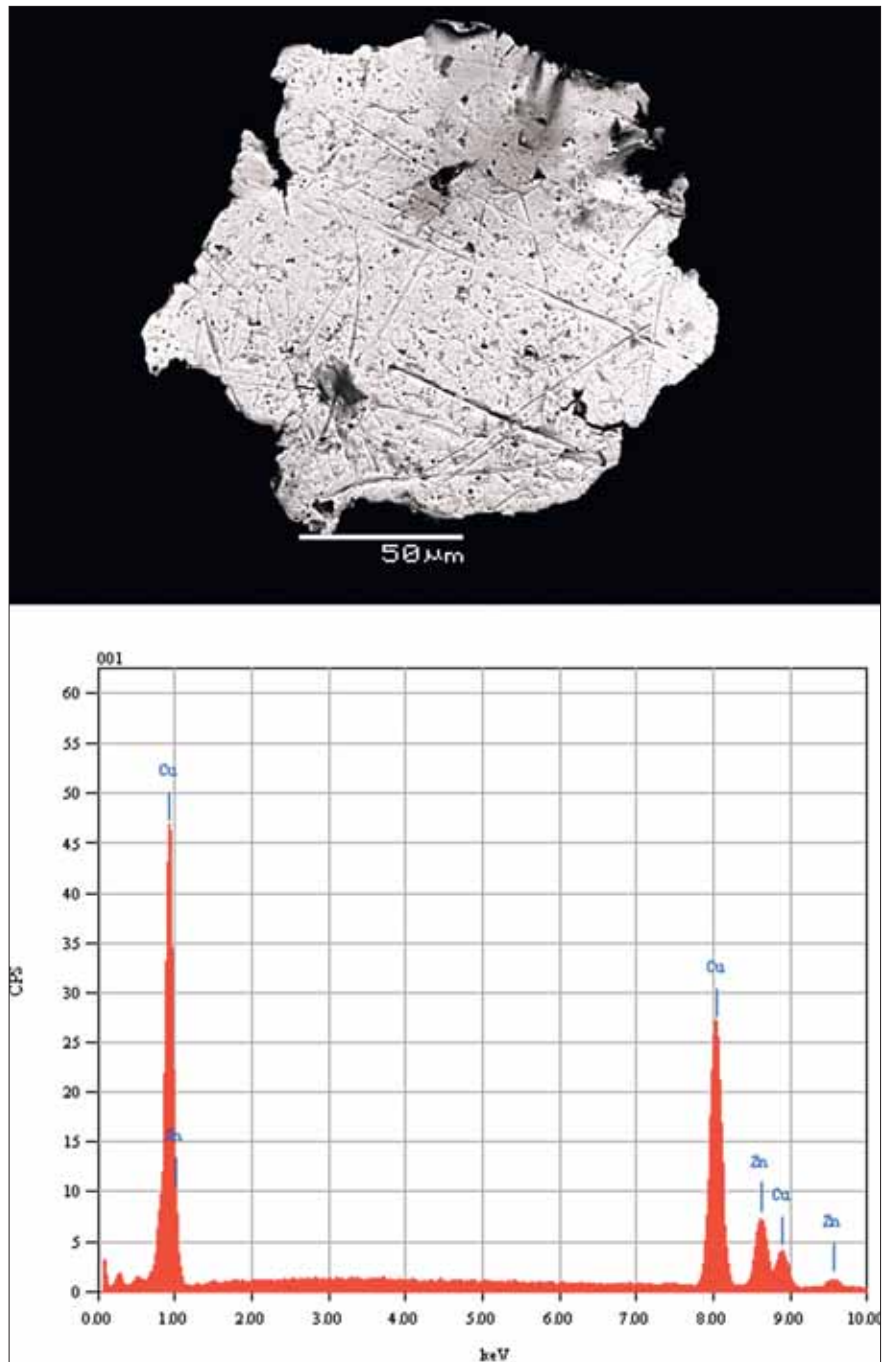
**Каплеобразная частица самородной меди
из пепла вулкана Карымский и ее рентгеновский спектр.**

Какие же теоретические следствия следуют из этих находок? Самородные металлы на Земле встречаются в месторождениях разного генезиса — магматических, метаморфических, гидротермальных, даже в железо-марганцевых конкрециях океана. В продуктах вулканических эксталяций (выделений газов и паров) из расплава мантийных магнезиальных базальтов, с большой скоростью поступивших на поверхность при Большом трещинном Толбачинском извержении 1975–1976 гг., моими коллегами кандидатами геолого-минералогических наук Светланой Главатских и Лидией Вергасовой также была обнаружена большая группа самородных металлов (золото, серебро, медь, свинец, висмут, вольфрам) и интерметаллических соединений (железо, марганец, титан, медь, хром, кобальт, молибден). Об обособлении обогащенной металлами флюидной газовой фазы в процессе подъема магматического вещества к поверхности рассказали в своих работах кандидаты геолого-минералогических наук Игорь Менялов и Людмила Никитина. Они отмечали, что масштаб выноса летучих и халькофильных* элементов (включая платину и палладий) в составе эксталяций во

*Халькофильные элементы — группа из 19 химических элементов (S, Sb, Bi, As, Se, Te) и ряд тяжелых цветных металлов (Cu и др.), склонных к образованию природных сульфидов, селенидов, теллуридов (прим. ред.).

время упомянутого извержения 1975–1976 гг. был значительно выше, чем их содержание в базальтах.

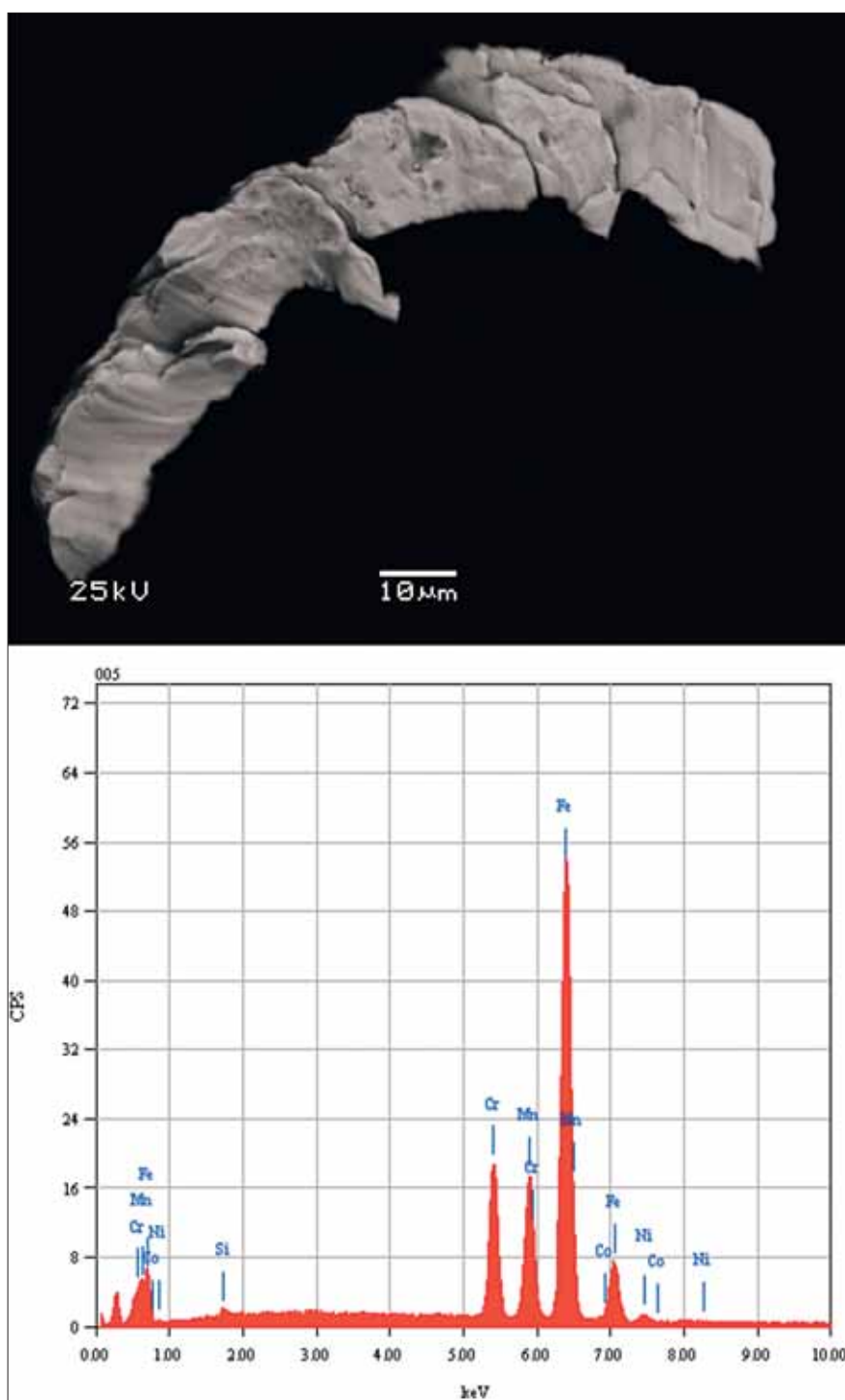
Частота встречаемости в пеплах вулканов таких самородных металлов, как Fe, Cu, Zn, реже Ag, Mo, Ni и др., может свидетельствовать, во-первых, о близкой по элементному составу специализации исследованных магматогенных флюидных систем, а во-вторых, о форме переноса рудных компонентов, легко трансформирующейся в поверхностных условиях с образованием самородных фаз и их сплавов. Такими формами переноса вещества могут быть как галоидные и карбонильные комплексы металлов, так и открытые недавно докторами геолого-минералогических наук Сергеем Кривовичевым и Станиславом Филатовым (Санкт-Петербургский государственный университет) комплексы металлов в виде оксигенированных тетраэдров. Наблюдения за характером извержений вулканов, составом их пеплов и содержанием рудных компонентов, в том числе самородных элементов, показали, что особенно представительны последние в пеплах, выброшенных при наиболее мощных извержениях. По нашему мнению, в такие периоды деятельности вулкана легколетучие компоненты магматической флюидной системы, среди которых основное место занимают восстановители — водород, метан, монооксид углерода, сероуглерод, а также металлы в составе перечисленных



*Частица самородной меди
из пепла вулкана Сент-Хеленс
и ее рентгеновский спектр.*

выше форм переноса, обгоняют расплав. В такой обстановке продукты сильных эксплозий обогащаются самородными элементами. Об этом свидетельствуют и данные статьи кандидата геолого-минералогических наук Андрея Гребенникова с соавторами в журнале «Вулканология и сейсмология» (2012, № 4), где на основе детальных исследований сделан вывод о водородно-метановом составе газовой фазы, обусловившей формирование парагенезисов минералов, включающих и самородное железо.

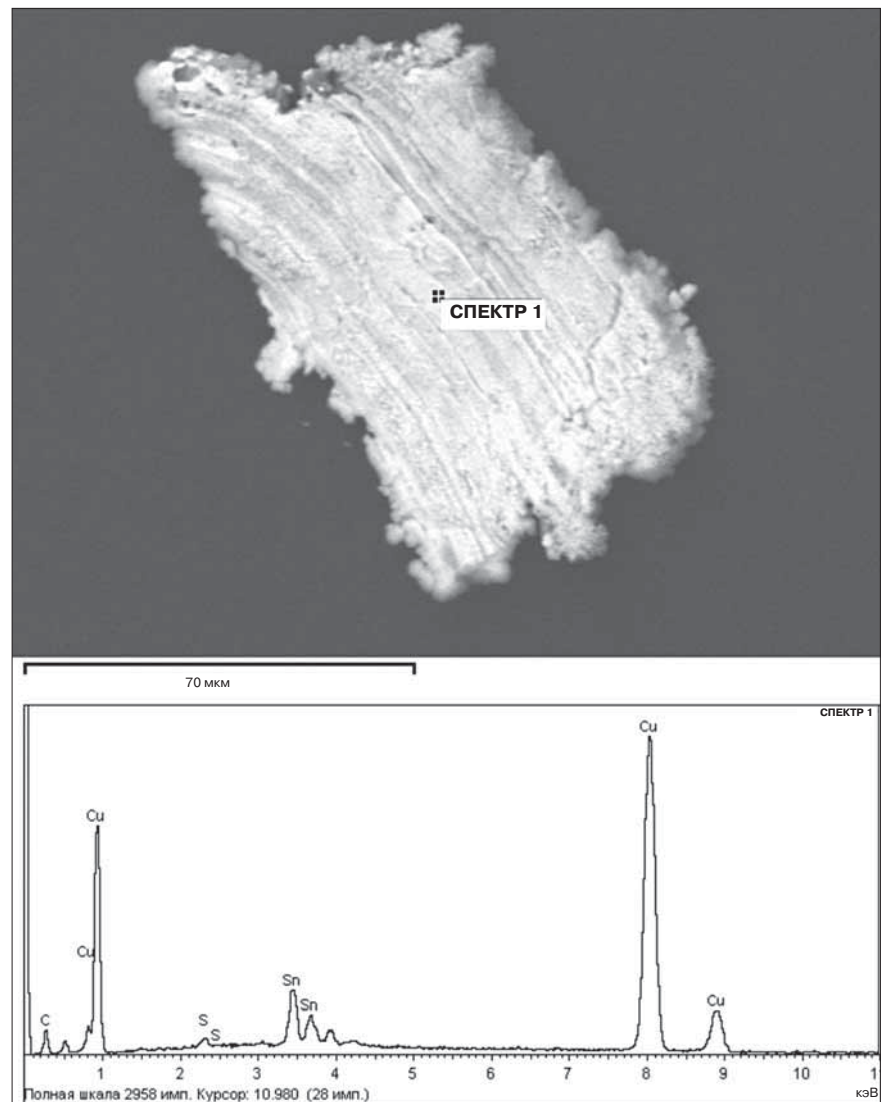
Обнаруженная нами в пеплах вулкана Эйяфьятлай-окиудль ассоциация рудных минералов, включающая платину, самородное Fe, интерметаллиды железа, марганца, кобальта, хрома, никеля, титана, молибдена и марганец-содержащий ильменит, с учетом геолого-структурного положения Исландии на оси Срединно-океанического хребта, может свидетельствовать в пользу поступления самородных элементов из перидотитовой верхней мантии (она располагается под литосферой на глубинах от ~ 20 (70) до 670 км).



Изогнутая частица интерметаллидов состава Fe, Mn, V, Ni, Cr, Ti, Mo из пепла вулкана Шивелуч и ее рентгеновский спектр.

Полученные нами данные о морфологии, размерах частиц, степени их чистоты и встречаемости в пеплах действующих вулканов показывают, что рудное вещество в магматических флюидных системах переносится, скорее всего, в газовой фазе и обособляется в пеплах в виде зерен субмикронных размеров. Самородные металлы отмечались многими исследователями и в составе магматических ком-

плексов. Следовательно, современный вулканизм является поставщиком на поверхность земли рудного вещества в виде самородных металлов и интерметаллидов. В Тихоокеанском регионе это прежде всего железо, титан, марганец, хром, кобальт, медь, цинк, в меньшей степени молибден, серебро, никель. Можно предположить, что они являются индикаторами металлогенической специализации



Частица самородной меди из пепла трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. и ее рентгеновский спектр.

магм, и в процессе подъема магматического вещества в верхние горизонты земной коры, при спаде давления и температуры на определенной глубине, в настоящее время происходит формирование зон оруденения соответствующих металлов. Характерно, что практически все выявленные нами самородные металлы и интерметаллиды присущи продуктам и андезитового, и базальтового вулканизма, что подтверждает представление некоторых геологов о единой родоначальной магме. Вариации составов изверженных пород на действующих вулканах, по-видимому, свидетельствуют о различных стадиях дифференциации глубинных очагов магмы под вулканами.

В целом следует отметить, что несмотря на преобладание в составе вулканических пеплов частиц силикатного состава, тем не менее количество рудного вещества (преимущественно железа, в меньшей степени меди, цинка, олова, молибдена, никеля и др. металлов) в виде ультрамелких индивидуа-

лизированных частиц может достигать нескольких тысячных долей процента. Конечно, вулканический пепел сильно рассеивается ветровыми потоками, но, принимая во внимание громадные его массы, количество рудного вещества в самородном состоянии, попадающего в осадки, почву и водоемы Земли, все же весьма существенно. И это следует учитывать при оценке общего выноса такого вещества из недр. Впрочем, как и то, что встречающееся чаще других минералов самородное железо может играть роль катализатора при многих физико-химических и биологических процессах в разрезах земной коры и почвах.

Иллюстрации предоставлены автором

УСКОРИТЕЛИ В МЕДИЦИНЕ

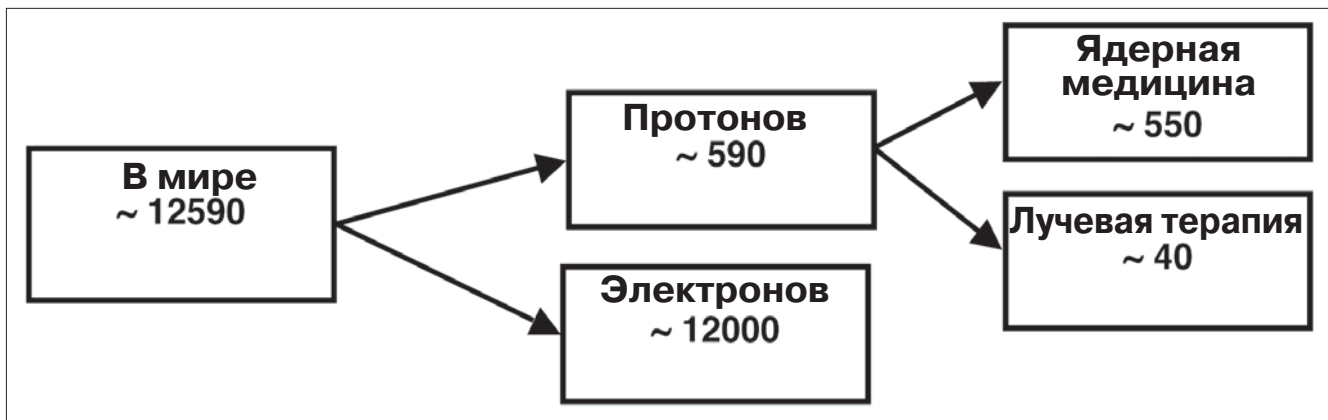
Доктор физико-математических наук Александр ЧЕРНЯЕВ,
проректор МГУ им. М.В. Ломоносова;
кандидат физико-математических наук Сергей ВАРЗАРЬ,
доцент физического факультета МГУ;
младший научный сотрудник Мария КОЛЫВАНОВА,
физический факультет МГУ

В данной статье авторы приводят краткую историю создания ускорителей и других ядерно-физических технологий в медицине с момента обнаружения «Х-лучей». Специалисты делают особый акцент на описании основных открытий, давших толчок к развитию лучевой терапии и ядерной медицины, предлагают свой анализ современного состояния медицинского применения ядерных установок.

УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Ускорители заряженных частиц — один из примеров того, как сложнейшее изобретение «глубокой» науки, в котором в полной мере разбираются буквально единицы ученых, может стать незаменимым элементом многих современных технологий. В представлении большинства людей они до сих пор нужны только узкому кругу специалистов, обладают огромными размерами и приводят лишь к непомерным тратам. Однако реальная картина направлений развития ускорительной техники выглядит несколько иначе. Хотя они и задумывались как инструмент познания микромира, но все же сегодня в фунда-

ментальной науке работают лишь 3—4% всех существующих установок. Основную же часть ускорителей используют в практических целях. Их применяют в производстве автомобильных покрышек и полимерных труб, кабельной изоляции, изделий из резины, упаковочной пленки и многого другого. В настоящее время исследователи уже разработали технологии с использованием ускорителей для таких задач, как определение выдержки вин, изменение цвета полудрагоценных (и драгоценных) камней, сжижение попутных газов и т.д. Все большее применение эти установки находят в здравоохранении, где наряду с лучевой терапией и ядерной медициной их



Ускорители в медицине.

широко используют при стерилизации одноразовых шприцев и других медицинских инструментов.

Между тем в настоящее время общее число ускорителей (ежегодно в мире запускают около 1000 новых аппаратов), действующих по всей планете, оценивается примерно в 40 000. Из них для фундаментальных исследований в ядерной физике и физике элементарных частиц применяют около 1200–1500, а в промышленности — более 25 000 установок. В лучевой терапии и ядерной медицине (без учета рентгеновских трубок, которые можно рассматривать как простейший ускоритель электронов на низкие энергии) работает более половины всех ускорителей электронов (около 12 тыс.), или почти одна треть всех существующих, а также примерно 1000 ускорителей протонов* и ионов.

ПРОНИКНОВЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ В МЕДИЦИНУ

Между тем развитие направлений использования ускорителей в медицине можно условно разделить на несколько этапов. Первый определяется возникновением новых разделов физики, исследующих законы субатомного мира, и необходимых для этого аппаратных средств. Его начало ученые традиционно связывают с чередой открытий в конце XIX в., большинство из которых в дальнейшем были отмечены Нобелевской премией: 1895 г. — открытие немецким физиком Вильгельмом Рентгеном (первый нобелевский лауреат по физике, 1901 г.) X-лучей; 1896 г. — открытие французом Антуаном Беккерелем естественной радиоактивности солей урана; 1897 г. — открытие англичанином сэром Джозефом Томсоном электрона (первой субатомной частицы); 1898 г. — выделение и исследование свойств радия и полония Марией и Пьером Кюри; 1899 г. — открытие британским физиком Эрнстом Резерфордом положительно заряженных альфа-частиц и отрицательно заряженных бета-частиц в излучении от солей урана; 1900 г. — открытие французским физи-

ком, членом Парижской АН Полем Виллардом гамма-излучения.

Практически одновременно с обнаружением новых излучений началась и апробация их медицинского применения. Так, уже в начале 1896 г. ученые документировали повреждающее действие на кожу рентгеновского излучения, а в ноябре того же года врач Леопольд Фройнд (1868–1943) провел спланированное облучение волосяного невуса у пятилетней девочки. В 1901 г. Анри Данлос (1844–1912) использовал радиоизотопы при лечении больного туберкулезом, а в 1903 г. американский ученый Александр Белл (1847–1922) предложил располагать в опухоли или около нее источники радия.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ «ЛУЧЕЙ» В РОССИИ

Отметим, возможности новых «лучей» не остались без внимания отечественных физиков и врачей. Уже в первых числах января 1896 г. Вильгельм Рентген разослал отписки своей статьи коллегам в несколько стран, в том числе в Московский университет приват-доценту физики Петру Лебедеву (1866–1912). В конце того же месяца последний прочитал лекцию «Об открытых Рентгеном X-лучах», сопровождая ее показом полученными им самим рентгенограммами. В феврале 1896 г. в Петербургском университете Иван Боргман (1849–1914) во время доклада в качестве иллюстрации на глазах у слушателей получил два рентгеновских снимка, а Владимир Тонков (1872–1954) в Медико-хирургической академии доложил о рентгенологическом изучении роста костей. В том же году в Военно-медицинской академии в Петербурге* воспроизвели опыт упомянутого выше Беккереля.

Кстати, одним из первых исследований радиоактивности в России стал заниматься изобретатель радио Александр Попов, который еще в 1902 г. придумал прибор для измерения «напряжения электрического поля атмосферы с помощью ионизационного действия солей радия». Через год профессор

*См.: А. Тюрин, С. Иванов. Миссия протонного ускорителя. — Наука в России, 2010, № 3 (прим. ред.).

*См.: Ж. Алфёров, Э. Тропп. Санкт-Петербург — российское «окно в науку». — Наука в России, 2003, № 3 (прим. ред.).

физики Московского университета Алексей Соколов исследовал радиоактивность минеральных вод Кавказа. В дальнейшем он организовал и первый в стране учебный практикум по радиоактивности.

А начало применения радиоизотопов в отечественной медицине также связано с Московским университетом, при котором осенью 1903 г. был образован Московский онкологический институт (в настоящее время — МНИОИ им. П.А. Герцена). В нем активно практиковали лечение с использованием препаратов радия, подаренных институту всемирно известными учеными Марией и Пьером Кюри. Первая же крупная монография, посвященная радиобиологии и медицинской радиологии «Радий в биологии и медицине» (1911г.), написана русским ученым-патологом Ефимом Лондоном (1869–1939).

ВОЗНИКНОВЕНИЕ УСКОРИТЕЛЕЙ

Между тем естественные радиоактивные препараты и рентгеновские трубки оставались единственными источниками ионизирующих излучений на протяжении около 30 лет. К возникновению идей о необходимости получения искусственно ускоренных частиц, по-видимому, привели опыты Эрнеста Резерфорда в 1919 г. Вскоре специалисты предложили методы, которые в проекте должны были обеспечить основные преимущества ускорителей по сравнению с естественными радиоактивными препаратами: большую энергию частиц, направленность и высокую интенсивность пучка, возможность ускорения протонов и ионов. Однако первые действующие установки, на которых эти методы реализовали, появились лишь в конце 1920-х годов.

В течение нескольких лет в исследовательских целях создали установки, основанные на прямом методе ускорения (ускорители Ван-де-Граафа, 1929 г.; Кокрофта-Уолтона, 1932 г.), и резонансные ускорители (линейные 1928 г. и циклотроны 1929 г.). А идею бетатрона (циклический, но не резонансный ускоритель электронов с фиксированной равновесной орбитой, ускорение в котором происходит с помощью вихревого электрического поля) запатентовал в 1922 г. физик из США Джозеф Слепьян (1891–1969), однако первый реально действующий бетатрон создал лишь в 1940 г. американский физик Дональд Вильям Керст (1911–1993). Интересно, что в том же году физик-экспериментатор, член Национальной АН США Луис Уолтер Альварес (1911–1988) впервые в мировой практике ускорил в циклотроне ионы углерода C^{+6} до энергии 50 МэВ, положив своим

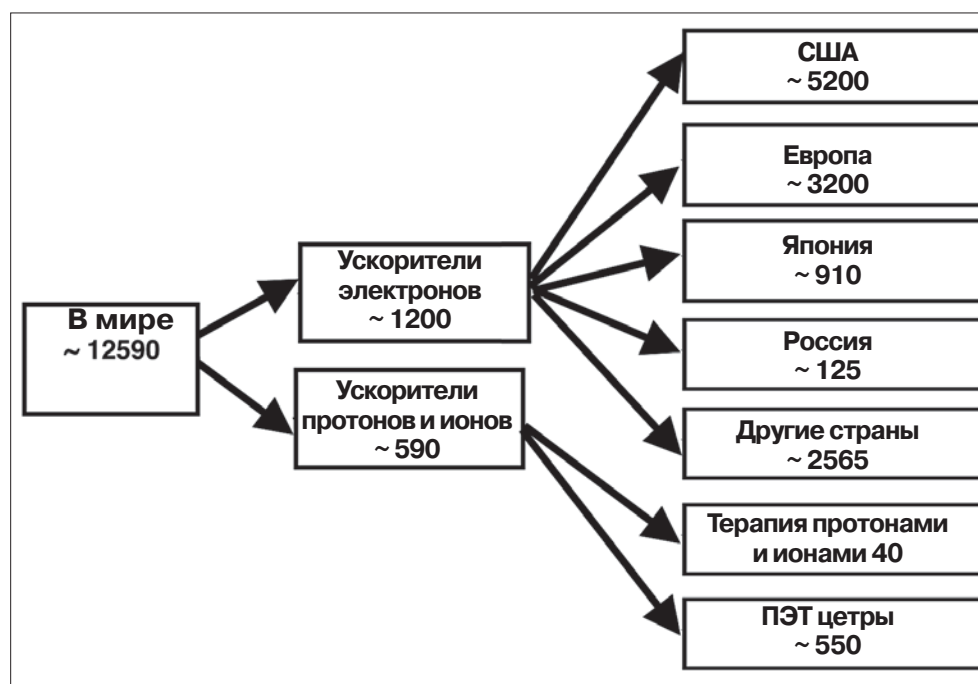
важным опытом начало исследованиям взаимодействия многозарядных ионов с веществом. Интенсивность пучка ускоренных ионов на конечном радиусе циклотрона составляла тогда 500 ионов в минуту.

Первый медицинский ускоритель электронов для лечения онкологических больных запустили в 1937 г. в Лондоне в больнице Св. Варфоломея. Размеры установки достигали 10 м, а энергия пучка не превышала 1 МэВ. Несколько позднее, в 1940-е годы, уже в США и Канаде в лучевой терапии ученые стали использовать высоковольтные ускорители трансформаторного типа, а также ускорители Ван-де-Граафа с максимальной энергией тормозных фотонов до 1–4 МэВ и бетатроны с энергией до 13–25 МэВ.

Интерес к строительству линейных ускорителей для лучевой терапии начал проявляться с 1950-х годов. Так, в 1953 г. в больнице Хаммерсмит в Лондоне врачи разработали и запустили первый промышленный линейный ускоритель для медицинских целей. К середине десятилетия во всем мире существовало лишь несколько линейных медицинских ускорителей. Тогда перед учеными как раз и встали проблемы уменьшения габаритов установок, обеспечения их надежности и безопасности, повышения точности попадания пучком в мишень.

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ ЦИКЛОТРОНОВ

Достижения ускорительной физики создали фундамент для более широкого применения радиоактивных изотопов. В самом начале 1930-х годов американские физики лауреат Нобелевской премии (1939 г.) Эрнест Орландо Лоуренс (1901–1958) и Милтон Стэнли Ливингстон (1905–1986) показали возможность наработки на циклотроне радиоизотопов. Именно на циклотронах открыли большинство радиоактивных изотопов, нашедших применение в ядерной медицине и лучевой терапии, в том числе ^{60}Co , полученный в 1938 г. тоже американцами — биофизиком Джоном Ливингудом и химиком и физиком-ядерщиком Гленном Теодором Сиборгом (1912–1999). Первым же циклотроном, предназначенным для медицины, принято считать ускоритель, сооруженный в клинике Университета Вашингтона в Сент-Луисе в 1940 г. Однако очевидным недостатком циклотронов в эти годы оставалась малая интенсивность пучка, поэтому начало широкого терапевтического использования изотопов связывают с появлением в 1950-е годы ядерных реакторов.



Ускорители в медицине.

Первый аппарат для лучевой терапии с источником ^{60}Co запустили в 1951 г. в Канаде. Гамма-терапевтические аппараты имели сравнимую с ускорителями интенсивность и энергию, но гораздо меньшие габариты. Их использование особенно широко развивалось в Американском онкологическом институте в Торонто, где кроме ^{60}Co также использовали источники ^{137}Cs и предприняли попытки внедрения в медицинскую практику ^{192}Ir , имеющего период полураспада всего 74,5 дня.

ПРЕДПОСЫЛКИ ПОЯВЛЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ

В конце первой половины XX столетия были предложены еще две фундаментальные идеи, которые в последующем станут определяющими для развития лучевой медицины. В 1948 г. шведским профессором нейрохирургом Ларсом Лекселлом (1907–1986) была предложена схема, позволяющая направлять множество пучков практически в одну точку. С 1951 г. этот метод был положен в основу стереотаксической радиохирургии, проводившейся с использованием радиоактивных источников ^{60}Co без вскрытия черепа. Работы Лекселла привели позднее к созданию установки, получившей название «гамма-нож»*.

Другая работа касалась возможности использования в лучевой терапии тяжелых частиц. Речь шла о протонах, глубинное распределение поглощенной дозы от которых характеризуется резким ростом значений в конце пробега частиц. Применять их в лучевой терапии предложил нобелевский лауреат

по физике (1927г.) шотландец Чарлз Томсон Рис Вильсон (1869–1959) в 1946 г.

Таким образом, уже к началу 1950-х годов в лучевой терапии существовало множество новых идей и технологий, которые могли успешно заменить естественные изотопы и рентгеновские трубки.

РАЗВИТИЕ ЛУЧЕВОЙ МЕДИЦИНЫ В 1960–1970-Х ГОДАХ

Второй этап развития лучевых технологий в медицине характеризует начало широкого внедрения в клиническую практику гамма-терапевтических аппаратов и ускорителей электронов. В 1960–1970-х годах кобальтовые установки становятся основным инструментом в лучевой терапии. В мире их насчитывалось более 15 тыс. Конкуренцию им составляли бетатроны и линейные ускорители. По данным МАГАТЭ, всего в мире к 1970 г. для нужд медицины использовали 306 ускорителей электронов, в их числе — 157 бетатронов, 118 линейных ускорителей, 22 ускорителя Ван-де -Граафа и 9 резонансных трансформаторов. Но постепенно роль ускорителей возрастала, и уже к концу 1980-х годов они становятся доминирующим инструментом в лучевой терапии.

Основные идеи в течение второго этапа развития ускорителей электронов связаны с попытками физиков повысить эффективность облучения мишени. Методы ускорения частиц остались те же, но конструкция самих аппаратов выходит на качественно новый уровень. Ученые пытались генерировать пучки больших токов, работали над уменьшением размеров и повышением стабильности установок. Для лучшего подавления глубоко залегающих опухолей они увеличивали энергию пучка электронов и, как следствие, возникающих при их торможении фотонов. При

*См.: А. Голанов, М. Зотов, В. Костюченко. Стереотаксическая радиотерапия и радиохирургия. — Наука в России, 2010, № 5 (прим. ред.).

этом максимум распределения дозы смещался вглубь от поверхности ткани, а доза с глубиной спадала медленнее. Это, в свою очередь, привело к необходимости более точного учета неоднородностей организма и величины поглощенной дозы, которую получают критические органы и ткани.

Начали также развиваться методы облучения с нескольких направлений. Для этого необходимо было вращать либо пациента, либо пучок вокруг него. Как оказалось, в первом случае могло происходить смещение внутренних органов пациента, что снижало точность попадания в мишень, во втором усложнялось управление пучком. Устройство, созданное для подводки ускоренного пучка с разных направлений, получило название «гантри».

На втором этапе специалисты осознали преимущество глубинного распределения дозы тяжелых заряженных частиц. Они обратили внимание на эффективность применения в лучевой терапии ядер углерода. И тогда начали развиваться методы лучевой терапии пучками тяжелых частиц — протонов, дейтронов, α -частиц, ядер углерода и пи-мезонов. Например, первые эксперименты по терапии онкологических больных пучками протонов провели в Беркли (США) в 1954 г. и в Университете Упсала (Швеция) в 1957 г. В России медицинские пучки протонов получили в 1967 г. в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ, г. Дубна)*, в 1969 г. — в Институте теоретической и экспериментальной физики им. А. И. Алиханова (ИТЭФ, Москва) и в 1975 г. — в петербургском Институте ядерной физики им. Б. П. Константинова (ПИЯФ /ЛИЯФ, г. Гатчина Ленинградской области). Однако все установки для получения тяжелых заряженных частиц были существенно крупнее и сложнее ускорителей электронов.

Тем временем в 1960-е годы шведские ученые профессор-нейрохирург Ларс Лекселл и физик Б. Ларссон создали первую модель «гамма-ножа» с 179 кобальтовыми источниками, и в 1968 г. в Стокгольме они впервые успешно провели операцию с его использованием. Достоинство установки заключалось в том, что доза в фокусе во много раз превышала дозу на поверхности тела человека. К опухоли подвели дозу до 10 Гр, при этом в здоровых тканях она оставалась в допустимых пределах. «Гамма-нож» сделал возможным лечение сосудистых новообразо-

ваний, опухолей головного мозга, включая метастазы, без хирургического вмешательства и длительно-го многонедельного облучения.

В настоящее время в мире работают около 265 «гамма-ножей», треть из которых находятся в США (~ 107) и Японии (~ 48). За сорок лет внедрения данного метода терапию с применением «гамма-ножа» прошли свыше 400 тыс. пациентов во всем мире. В нашей стране на данный момент действуют только две подобных установки.

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

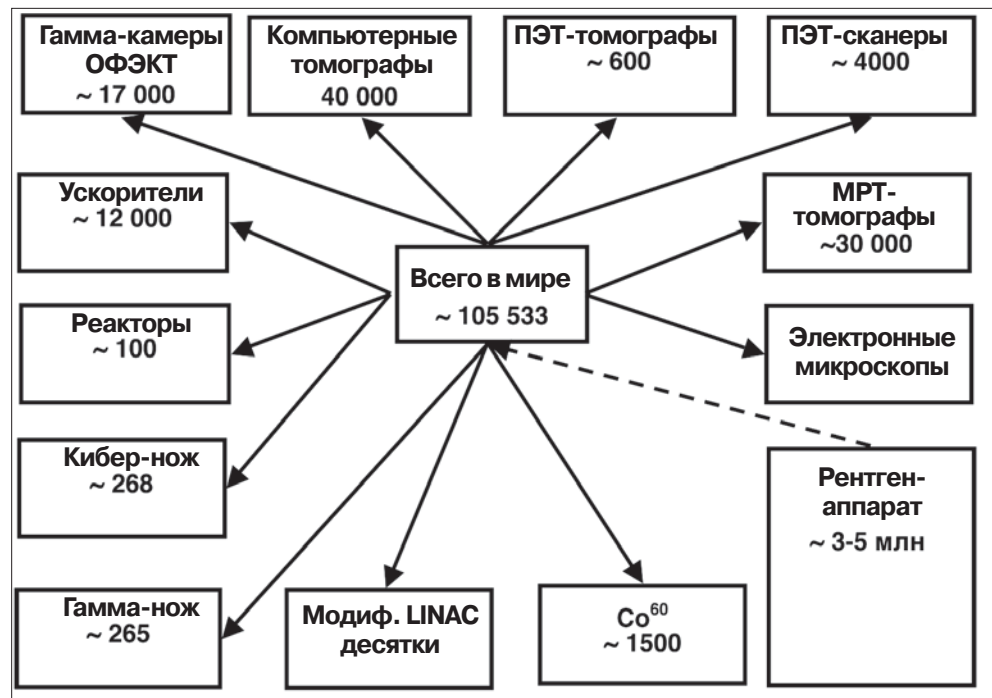
В конце 1970-х годов появилось еще одно направление применения ускорителей в медицине — интраоперационная электронная лучевая терапия (ИОЛТ). Этот метод лечения онкологических больных заключается в однократном подведении высокой дозы пучков электронов к мишени во время хирургической операции. Облучается либо сама опухоль, либо ее ложе после хирургического удаления. В операционную рану пациента в стерильных условиях вставляют специальный пластиковый или металлический тубус (насадку), который соединяется другим концом с облучающей головкой. Тубусы не только формируют поле облучения, но и экранируют от первичного излучения ткани и органы, находящиеся вне их самих. В России ИОЛТ наиболее активно развивалась в Медицинском научно-исследовательском онкологическом институте им. П.А. Герцена в Москве, Медицинском радиологическом научном центре РАМН в г. Обнинске и НИИ онкологии в г. Томске.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ УСКОРИТЕЛИ

Третий этап развития медицинских ускорителей, который начался с середины 1980-х годов и продолжается в настоящее время, связан с новыми возможностями вычислительной техники и ядерно-физических методов диагностики. Сегодня специалисты разрабатывают методики работы с пучком, позволяющие достичь лучшего совпадения границ мишени с областью, получившей максимальную дозу (методики конформного облучения), например, облучение с разных сторон и вариация интенсивности пучка (IMRT). Появляются многопестковые коллиматоры (устройства для получения параллельных пучков лучей света или частиц); получает развитие стереотаксическая хирургия.

*См.: А. Сисакян. Мировая слава Дубны. — Наука в России, 2006, № 2 (прим. ред.).

Ядерно-физические установки
в медицине.



С 1980-х годов линейные ускорители электронов после усовершенствования источников высокочастотного электромагнитного поля существенно уменьшились в размере и стали удобными для использования в лучевой терапии. Они постепенно вытесняют кобальтовые и другие типы ускорителей. Так, к 2002 г. количество ускорителей электронов в медицине достигло 7500 тыс., причем в основном это именно линейные.

В середине 1980-х годов ученые успешно разработали альтернативу «гамма-ножу» на базе линейных ускорителей, применяющихся в традиционной лучевой терапии. В этой установке вместо кобальтового источника использовали модифицированный линейный ускоритель «LINAC». Для обеспечения неподвижности пациента и мишени здесь применяют стереотаксическую рамку. Данная система имеет две перпендикулярные оси вращения ускорителя, который устанавливается на платформу. Для облучения используют тормозное излучение, причем пучок фотонов всегда направляется в одну точку.

В таких системах, в отличие от «гамма-ножа», не нужен радиоактивный материал, и при их эксплуатации не накапливаются радиоактивные отходы. В настоящий момент это наиболее распространенный радиохирургический инструмент для лечения внутричерепных поражений. Кстати, достигаемые распределения дозы излучения у систем с модифицированным «LINAC» и у «гамма-ножа» сопоставимы.

Еще одной альтернативой «гамма-ножа» является система для лучевой терапии — «кибер-нож». Аппарат создали в 1992 г. в Стенфордском университете

(штат Калифорния, США) под руководством Джона Адлера, а первую успешную операцию на нем совершили в 1999 г. Эта система содержит два основных элемента: легкий линейный ускоритель и мобильную контролируемую компьютером роботизированную руку, имеющую 6 степеней свободы, позволяющую облучать мишень с 1200 возможных направлений. Энергия ускорителя электронов, на котором базируется установка, — 4 или 6 МэВ. «Кибер-нож» позволяет проводить неизоцентрическое (т.е. такое облучение, при котором есть возможность концентрировать лучи в различных точках пространства) облучение мишени, а также осуществлять несимметричное и в высокой степени конформное облучение с точностью до 0,5 мм.

Основное достоинство «кибер-ножа»: минимизируется хирургическое вмешательство в тело пациента, к чему активно стремятся онкологи всего мира. Положение опухоли и метастазов определяется при магнитно-резонансной, компьютерной или ПЭТ-томографии с привязкой к жестким ориентирам, на основе данных которой и разрабатывается индивидуальная для конкретного пациента программа облучения с учетом особенностей локализации, объема и конфигурации очагов патологии. После определения положения опухоли и метастазов врачи облучают их в течение одного сеанса со многих направлений. Это возможно осуществить благодаря размещению легкого ускорителя на манипуляторе — руке робота.

Отметим, на сегодняшний день в МГУ физики приступили к разработке нового поколения «кибер-ножа» с вариацией энергии электронов. Новую установку создают на базе компактного разрезного

микротрона, впервые появившегося в НИИЯФ МГУ, а также конструируемого в НИИ механики МГУ робота-манипулятора.

Если «гамма-нож» используют в основном для лечения опухолей головного мозга, то «кибер-нож» позволяет облучать большее количество локализаций в теле человека. К концу 2012 г. действовали 268 таких установок, причем большая часть — в США (144), странах Европы (34), Японии (23), Южной Корее (9) и Китае (10). В России работают (или готовятся к эксплуатации) пока лишь 6 «кибер-ножей». Лечение на этом комплексе в мире уже прошли 100 тыс. пациентов, причем значительная часть из них считалась практически безнадежными больными. Курс лечения составляет 30–90 мин, количество сеансов составляет 1–5 при среднем размере опухоли 1–5 см.

С 1980-х годов также интенсивно развивается комбинированное облучение злокачественных новообразований. Так, в Медицинском радиологическом научном центре (МРНЦ РАМН в г. Обнинске) облучение пациентов проводят одновременно с применением магнитного поля; в Томском институте онкологии с 1989 г. применяют интраоперационную (во время операции) лучевую терапию в сочетании с дистанционной.

УСКОРИТЕЛИ И ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

Другое обширное направление, в котором активно используют ускорители, — это ядерная медицина. Первое применение радиоизотопа ^{131}I , символизирующее как раз зарождение ядерной медицины, для диагностики заболеваний щитовидной железы относится к концу 1930-х годов. К нему специалисты относят методы диагностики и терапии, использующие радиоактивные изотопы. Последних именно для нужд медицины производят более 50: для этого применяют циклотроны с энергией 4–30 МэВ или реакторы.

Первыми медицинскими приборами, созданными для регистрации фотонов от введенных в человека изотопов, стали «гамма-камеры». Медики стали применять их в клинической практике с середины 1960-х годов. Их более совершенная модификация, позволяющая получать трехмерное изображение объекта, получила название «однофотонных эмиссионных компьютерных томографов» («ОФЭКТ»).

Поистине же уникальные ядерно-физические методы в медицине стала «позитронно-эмиссионная томография» («ПЭТ»). В 1931 г. немецкий

биохимик и физиолог, нобелевский лауреат по физиологии и медицине (1931 г.) за открытие природы и механизма действия дыхательных ферментов Отто Генрих Варбург (1883–1970) обнаружил следующее: злокачественные опухоли отличаются повышенным уровнем потребления глюкозы. В 1977 г. Луи Соколов предложил измерять локальный уровень метаболического потребления глюкозы в мозге крыс с помощью дезоксиглюкозы, меченной радиоактивным изотопом углерода. А Майкл Фелпс в 1979 г. предложил измерять тот же параметр у людей с помощью дезоксиглюкозы, меченной уже радиоактивным изотопом фтора ^{18}F (фтородезоксиглюкозы). Напомним, фтородезоксиглюкоза (ФДГ) является аналогом глюкозы на нескольких этапах ее метаболизма, но в отличие от нее метаболизм ФДГ прекращается преждевременно и ее продукт накапливается в тканях. Эти работы и заложили основы позитронной эмиссионной томографии.

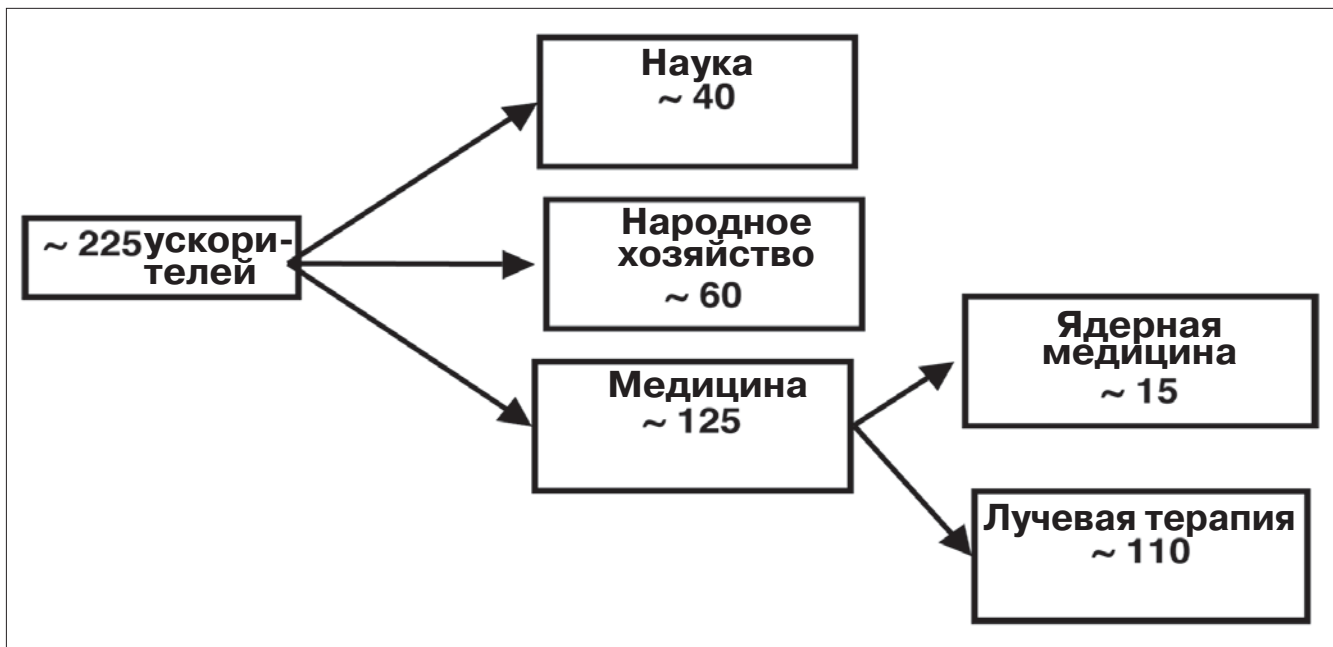
Физический принцип действия позитронно-эмиссионных томографов базируется на использовании ^{18}F или других искусственных изотопов, распадающихся с испусканием позитронов. Такие позитроны проходят в окружающих тканях расстояние равное 1–3 мм, а затем аннигилируют с электронами. При аннигиляции образуются пара фотонов с энергией 0,511 МэВ, вылетающих в противоположных направлениях. Их регистрация позволяет определить точку их образования и, следовательно, место накопления изотопа.

Наработка радиоактивных изотопов осуществляется на ускорителях протонов, в частности, циклотронах. Характерные энергии циклотронов, которые используются в «ПЭТ», составляют 7–18 МэВ.

В современной медицине «ПЭТ» широко применяется не только в онкологии, но и для диагностики других заболеваний, например, неврологических и сердечно-сосудистых. Метод ПЭТ позволяет осуществлять раннюю диагностику структурных изменений в тканях, что существенно улучшает прогноз и качество лечения.

МЕДИЦИНСКИЕ УСКОРИТЕЛИ В РОССИИ И В МИРЕ

Между прочим, с 2010 г. в мире ядерно-физические установки в медицине применяют более чем в 70 странах. Подавляющая часть из них (около 98% от общего количества!) действует в США, Канаде, странах Европы, Японии, Китае, Индии и России.



Ускорители в России. Сравнительная таблица применения.

Всего медицинской техники на базе ионизирующих излучений, исключая рентгеновские аппараты и электронные микроскопы, используют примерно 73 тыс. единиц — это ускорители, кобальтовые установки, «кибер-ножи», «гамма-ножи», а также их модификации, реакторы, «гамма-камеры» и их модификации («ОФЭКТ»), компьютерные томографы, «ПЭТ»-томографы и сканеры. На долю ускорителей приходится около трети. В лучевой терапии используют в основном линейные ускорители электронов, в ядерной медицине — циклотроны.

Лидерство по развитию медицинских ядерно-физических технологий принадлежит США, где один медицинский ускоритель приходится на 70 тыс. жителей. В странах Евросоюза этот показатель соответствует примерно 170 тыс., в Японии — 140 тыс. жителей. Россия же, увы, пока отстает. В нашей стране в настоящее время имеется около 120–150 медицинских ускорителей электронов. Для достижения показателей, близких к среднеевропейским, нам необходимо около 1000 ускорителей электронов.

ПЕРСПЕКТИВЫ УСКОРИТЕЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ

Таким образом, за восемьдесят лет ускорители в медицине прошли путь от идеи на листе бумаги до высокотехнологичных комплексов, которые незаменимы при проведении сложнейших методов лечения и диагностики, а их распространенность может считаться одним из показателей уровня развития медицины в государстве.

По своим возможностям медицинские ускорители последних поколений достигают «космических высот», но и перспективы для их развития выглядят

привлекательно. Во многом будущее этой области зависит от эффективности сотрудничества фундаментальной науки с частными компаниями — основными производителями ускорительной техники.

По-видимому, в ближайшее время следует ожидать появления технологий, которые направлены на снижение стоимости ускорителей и издержек по их эксплуатации. Перспективными в этой связи видятся микротроны на постоянных магнитах, которые способны генерировать пучки более высокого качества в сравнении с линейными ускорителями, а СВЧ электроника, необходимая для их создания, намного дешевле. Значительные успехи в этом направлении сделаны учеными НИИЯФ МГУ, где созданы компактные микротроны на энергии 30 и 70 МэВ.

В протонной и ионной лучевой терапии резкий скачок может быть совершен, если будут созданы циклотроны на основе сверхпроводящих магнитов или реализованы методы лазерного ускорения. Значительно продвинет возможности медицинской визуализации применение синхротронного излучения, но для его широкого использования должны появиться источники меньших размеров, которые активно разрабатываются в США, Европе и России.

В КОНТЕКСТЕ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



Марина ХАЛИЗЕВА,
обозреватель журнала «Наука в России»

**27 марта 2014 г. на пресс-конференции в ИТАР-ТАСС
объявлены имена лауреатов ежегодной Международной премии «Глобальная энергия».**

**В этом году ими стали российский академик, советник РАН Ашот Саркисов
и член Шведской королевской академии технических наук Ларс Гуннар Ларссон.**

**Таким образом отмечен их новаторский вклад
в развитие атомной энергетики, повышение ее безопасности и решение
радиационно-экологических проблем арктической зоны.**

Премия «Глобальная энергия» была учреждена в 2002 г. отечественными энергетическими компаниями «Газпром», «Сургутнефтегаз» и РАО «ЕЭС России» (правопреемник ФСК ЕЭС) для поощрения ученых и специалистов, оказавших значительное влияние на развитие технологий мировой энергетики и решение энергетических проблем глобальной

важности. «Для нас большая честь поддерживать премию, — сказал на открытии пресс-конференции заместитель председателя правления ОАО «ФСК ЕЭС» Павел Корсунов. — Мы работаем по этому направлению не первый год и связываем ее с инновациями и фундаментальной наукой. Компания ежегодно инвестирует в исследования и разработки в области энер-



На пресс-конференции в ИТАР-ТАСС.

гетики, общая сумма вложений за последние 4 года составила свыше 7,5 млрд руб. За этот период совместно с ведущими научными организациями мы выполнили ряд значимых для российской науки прорывных работ, а число патентов и свидетельств выросло до 262».

Высоко оценил значимость «Глобальной энергии» и глава Международного комитета по присуждению премии британский физик Родней Джон Аллам. За 12 лет существования, считает он, премия стала одной из самых престижных международных научных наград планеты и по праву вошла в один ряд с Нобелевской премией, премиями Макса Планка (Германия), Рикардо Вольфа (Израиль) и Эудженио Балцана (Италия). Рост ее авторитета в немалой степени связан с объективностью отбора лауреатов, а также с тем, что человечество все больше внимания уделяет вопросам энергетической эффективности, безопасности и поиску экологически чистых способов использования традиционных энергоресурсов.

В разное время лауреатами «русского энергетического Нобеля» (так неофициально именуют «Глобальную энергию») становились представители Великобритании, Германии, Исландии, Канады, России, США, Украины, Франции, Швеции и Японии. Всего с 2003 г. награду получили свыше 30 специалистов, работающих в энергетическом секторе. В минувшем году ее разделили директор Объединенного института высоких температур РАН академик Владимир Фортов (Россия), внесший весомый вклад в исследования теплофизических свойств плазмы и развитие мощных импульсных энергетических

устройств, и генеральный управляющий Yoshino Laboratory доктор инженерных наук Акира Йосино (Япония), создавший новаторские литий-ионные аккумуляторы для информационных и коммуникационных устройств, электрических и гибридных транспортных средств.

Как сказал на пресс-конференции Родней Джон Аллам, на получение премии в этом году претендовали 2710 кандидатов (для сравнения: в минувшем их было 360). То есть количество тех, кто по достижениям попадает под отбор, существенно увеличилось, как и число стран, выдвинувших претендентов. «В 2014 г. их было 60 и, судя по всему, это не предел», — отметил председатель Международного комитета. «Среди тем, затронутых соискателями, — сказал далее он, — вопросы добычи и переработки нефти и газа, использования водорода в качестве источника энергии и многие другие. Каждая из представленных работ заслуживала признания». Но в шорт-лист на получение премии вошли лишь 7 номинантов: Ракеш Агравал (США), Сергей Алексеенко (Россия), Ейке Вебер (Германия), Ларс Ларссон (Швеция), Йенс Норсков (США), Ашот Саркисов (Россия), Джеймс Шпек (США). Решение 25 авторитетных экспертов, представлявших 10 стран, выделить среди них Саркисова и Ларссона, было принято единогласно. Выбор именно этих двух кандидатов, заметил в интервью «Российской газете» председатель Наблюдательного совета премии академик Николай Лаверов, в высшей степени символичен. Впервые со времени учреждения «Глобальной энергии» премия присуждена ученым, для которых главным делом жизни стали вопросы безопасности разви-



**Председатель Международного комитета
по присуждению премии «Глобальная энергия»
Родней Джон Аллам.**

тия атомной энергетики и решения радиационно-экологических проблем арктической зоны.

Ашот Саркисов входит в когорту выдающихся ученых и военных деятелей (он вице-адмирал в отставке), связанных с созданием корабельных энергетических установок для первых атомных подводных лодок и их надежной эксплуатацией. Как разработчик теории динамических процессов, происходящих в реакторных установках при мощных внешних ударных воздействиях, он провел исследования, позволившие качественно улучшить характеристики энергетических машин и повысить боевую эффективность кораблей Военно-морского флота. В последние годы профессиональные интересы Саркисова были сосредоточены в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов атомного флота РФ, выведенных из эксплуатации*. В 2007 г. в рамках сотрудничества РАН и Национальной академии наук США он с группой ведущих российских и международных экспертов завершил разработку Стратегического мастер-плана, направленного на утилизацию отслуживших свой срок АПЛ, надводных кораблей с ядерными установками и реабилитацию территории бывших береговых технических баз ВМФ в Северо-Западном и Дальневосточном регионах страны. «Лично для

меня, — признался Саркисов в одном из интервью, — это очень напряженная, сложная, но необыкновенно интересная и плодотворная работа по ликвидации тяжелого наследия «холодной войны». Она продолжается и сегодня, и будет идти еще много лет. Причем это не пассивное участие в разработке самого плана, а научное обеспечение и обоснование основных позиций». Программа рассчитана до 2025 г. и предусматривает выполнение 230 проектов на сумму ~2 млрд евро.

Второй лауреат премии «Глобальная энергия» Ларс Гуннар Ларссон известен научной общественности как специалист по техногенным воздействиям атомных электростанций на окружающую среду. Его информированность в этой области оказалась особенно востребована при ликвидации аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд» в штате Пенсильвания (США) в 1979 г. В России Ларссон работал в начале 2000-х годов в рамках международного проекта углубленной оценки безопасности реакторов первой и второй очереди Ленинградской АЭС. В результате он с коллегами предложил методы продления работоспособности энергоблоков станции. Труды Ларссона последних лет связаны с масштабной программой обеспечения ядерной безопасности, снижения риска радиоактивного загрязнения побережья Кольского полуострова от военно-морских объектов, завершивших свой жизненный цикл, но по-прежнему представля-

*См.: А. Пименов. Субмарины: трудное расставание. — Наука в России, 2009, № 3 (прим. ред.).



Председатель Наблюдательного совета Международной премии «Глобальная энергия» академик Николай Лаверов.

ющих опасность. Причем многие работы шведского физика по этой проблематике были подготовлены в тесном сотрудничестве с академиком Саркисовым.

Первые поздравления лауреаты получили по телефону от председателя Наблюдательного совета международной премии академика Николая Лаверова. «Я прожил большую жизнь в атомной энергетике, посвятил этому направлению большую часть своей работы, — сказал в ответном слове Саркисов, — и очень приятно, что мои исследования так высоко оценили, эмоции меня переполняют. Особенно мне приятно разделить премию с таким выдающимся ученым, как Ларс Ларссон — с ним мы провели серьезную работу по усовершенствованию технологий вывода атомных объектов из эксплуатации».

Профессор Ларссон также выразил огромную благодарность экспертам, заметившим его вклад в решение проблем радиационной реабилитации арктических морей и береговых баз. «С трудом могу выразить, что я чувствую в настоящий момент, — сообщил он. — Точно могу сказать, что мое сердце переполнено гордостью, счастьем и благодарностью. Для меня особая честь быть награжденным в России — стране, где я встретил так много замечательных, выдающихся ученых и инженеров».

Журналисты в ходе общения с лауреатами подняли столь обсуждаемый сегодня в прессе вопрос о возможных моделях развития российской науки. Саркисов считает, что, несмотря на болезненные реформы, наука не утратила социально значимых функций. «Хотя она и не была избалована вниманием государства, — заметил Ашот Аракелович, — но все равно находится на достойном уровне благодаря своему прошлому потенциалу. К сожалению, принимаемые

реформы вряд ли приведут к заметному улучшению дел. Важно сохранить то лучшее, что было в старой системе организации отечественной науки. А все недостатки последних нескольких десятков лет должны быть устранены».

Один из вопросов, адресованных российскому лауреату, касался размещения объектов так называемой малой энергетике, в частности плавучих атомных станций, в Арктике и их влияния на безопасность окружающей среды. Ашот Аракелович считает, что АЭС малой мощности являются наиболее перспективными энергоустановками в этой части планеты. Наряду с другими видами генерации они должны стать основой для решения энергетических проблем арктических регионов и построения на территории России системы региональной энергетики. «Их создание — одно из новых, пока только намечающихся направлений развития атомных технологий», — заметил он. Многие страны ведут разработки в данной области. Но, пожалуй, наиболее продвинутой здесь оказалась Россия. В 2016 г. наша страна должна вывести на рынок первую в мире плавучую атомную теплоэлектростанцию «Академик Ломоносов»*, строительство которой полным ходом идет в Санкт-Петербурге. Заказчик концерн «Росэнергоатом» гарантирует безопасность таких источников для Арктики. По сути, на малых АЭС будут устанавливать те же реакторы, что и на боевых кораблях и гражданских судах — атомных ледоколах. Их надежная работа подтверждена многолетней интенсивной эксплуатацией в суровых условиях океанских походов и ледовых навигаций.

*См.: М. Хализева. Электричество и тепло с доставкой потребителю. — Наука в России, 2013, № 4 (прим. ред.).



Однако, констатировали журналисты, общественность по-прежнему настороженно относится к атомной энергетике. Как снизить уровень этой напряженности? Шведский ученый согласился: озабоченность со стороны граждан в данном вопросе действительно сохраняется. «Но, несмотря на барьеры, существующие между населением и атомщиками, — продолжил он, — ядерная энергетика должна развиваться. При правильных решениях и подходах к ее использованию необходимый уровень безопасности обеспечить можно, и направлений для совершенствования остается немало. Соблюдение необходимых правил эксплуатации, учет уроков чрезвычайных ситуаций прошлого — все это поможет избежать ошибок в будущем».

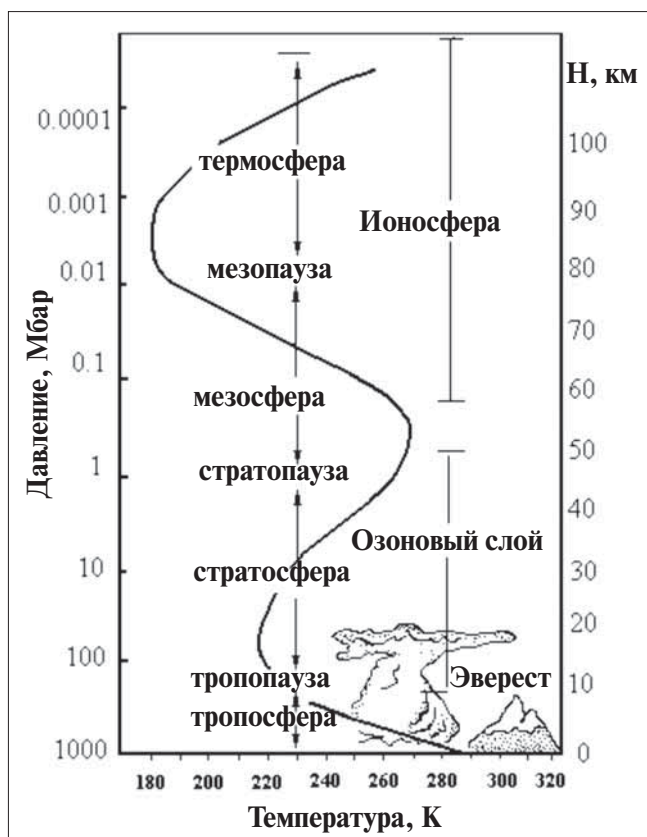
Заместитель генерального директора ОАО «Сургутнефтегаз» Вячеслав Никифоров объявил участникам пресс-конференции, что размер денежной части премии, как и в прошлом году, составит 33 млн руб. Эту сумму разделят поровну между двумя лауреатами. А золотую медаль и диплом премии «Глобальная энергия» ученые по традиции получают на Петербургском международном экономическом форуме.

*Фотографии предоставлены
Некоммерческим партнерством
«Глобальная энергия»*

ВЕРХНЯЯ АТМОСФЕРА: ВСТРЕЧА ЗЕМНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СИЛ

Доктор физико-математических наук Борис ХРЕНОВ,
ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института
ядерной физики им. Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
(НИИЯФ МГУ)

Верхняя атмосфера (высоты около 100 км и более) — пограничный слой между нашей планетой и космосом — давно привлекает внимание исследователей. Простые наблюдения глазом «падающих звезд» были объяснены учеными, как свечение при сгорании внеземных массивных тел (метеороидов и метеоров) в верхней атмосфере. Свечение в полярных областях было понято, как результат вторжения в атмосферу Земли космических протонов и электронов. Более детальные наблюдения показали, что в разных диапазонах длин волн верхняя атмосфера в разной степени пропускает внешнее электромагнитное излучение, что во время формирования жизни на Земле определило форму этой жизни. Повышенный интерес к свойствам верхней атмосферы появился в связи с практикой полетов ракет и спутников, пересекающих все ее слои. Для движения спутников по орбите верхняя атмосфера является средой, в которой происходит их торможение. При возвращении спускаемого аппарата спутника через верхнюю атмосферу нельзя применить парашют из-за малой плотности вещества, и единственным способом предохранения аппаратов от сгорания является покрытие их жаропрочным защитным слоем достаточной толщины. Для расчета подобных слоев понадобилось точное знание распределения плотности верхней атмосферы по высоте.



Строение атмосферы.
Правая шкала — высота в атмосфере.
Левая шкала — давление в Мбарах.

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

В последние годы особенное внимание привлекла проблема сосуществования верхней и нижней атмосфер. Несмотря на защитную роль верхней атмосферы, основной поток солнечного излучения проходит через всю атмосферу и достигает поверхности Земли. Здесь поглощается гигантское количество солнечной энергии, возникают грандиозные атмосферные и океанские потоки вещества и энергии, которые не идут в сравнение с частью солнечной энергии, поглощаемой в верхней атмосфере. Поэтому следует ожидать, что даже небольшая часть энергии, передаваемой из нижней атмосферы в верхнюю, может играть значительную роль в формировании ее характеристик.

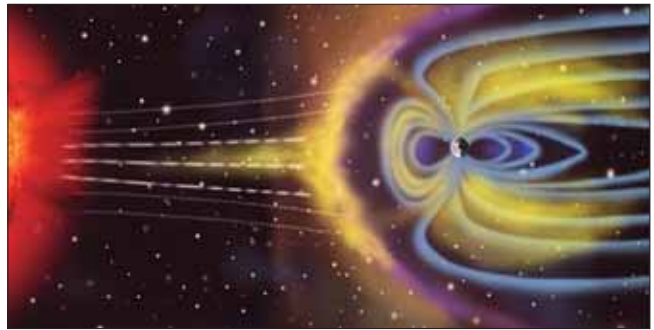
При обсуждении характеристик атмосферы принято разбивать ее на более мелкие части, чем нижняя и верхняя. До высот около 100 км состав атмосферы довольно стабилен — это смесь азота (78%) и кислорода (21%) с примесями других газов (более всего представлен аргон — около 1%), паров воды и частиц пыли (аэрозоли). В тропосфере (высоты до 8–9 км) сосредоточена примерно половина массы атмосферы. Здесь присутствуют пары воды и частицы льда, а также большинство аэрозолей, происходящих от выветривания грунта и человеческой деятельности. Пары воды и частицы льда образуют облака и гигантские облачные образования, которые играют важную роль в электрических процессах в атмосфере. В тропосфере температура быстро падает с высотой (вблизи уровня моря и суши она определяется температурой нагретой Солнцем поверхности Земли). В стратосфере (на высотах 10–50 км) давление атмосферы на 1–2 порядка ниже, чем в тропосфере. При том же основном газовом составе в стратосфере важную роль играет озоновый слой (молекула кислорода O_3), который отвечает за поглощение солнечного УФ излучения. Температура стратосферы повышается с высотой благодаря возрастанию интенсивности солнечного излучения в области ультрафиолета.

Выше стратосферы находится ионосфера, где располагается смесь свободных электронов, положительных ионов атомов и молекул атмосферы. Следует отметить, что ионы ионосферы составляют лишь малую часть массы верхней нейтральной атмосферы. Ионосфера играет важнейшую роль в земных электрических процессах. На высотах более 100 км происходит существенное изменение ее состава. Начиная с 200 км важнейшую роль играет атомарный кислород. На еще больших высотах, более 800 км, где плотность атмосферы сравнима с космической (внеземной) плотностью вещества, главными элементами становятся гелий и водород.

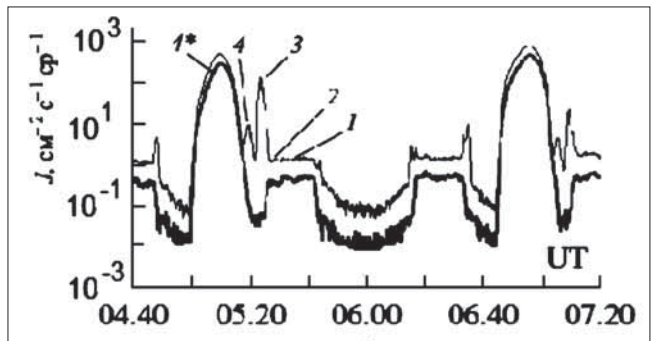
На расстояниях от поверхности Земли более 800 км число заряженных частиц (электронов и протонов, другими словами, ионизованных атомов водорода) все еще достаточно, и магнитное поле Земли велико (оно заметно падает лишь на расстояниях значительно больше радиуса Земли — 6000 км), поэтому образуются радиационные пояса Земли.

Внутренний пояс Земли, состоящий, в основном, из протонов, был открыт американским физиком Ван-Алленом в 1958 г. В том же году советскими физиками (Сергей Вернов, Александр Чудаков, Петр Вакулов, Евгений Горчаков, Юрий Логачев) был открыт внешний радиационный пояс (дальше от Земли), состоящий в основном из электронов. Оба пояса подвергаются давлению солнечного ветра, и картина распределения частиц поясов несимметрична: частицы прижаты к Земле со стороны Солнца (подсолнечная точка в среднем находится на расстоянии 10 земных радиусов), а в тени Земли частицы поясов уходят так далеко (сотни земных радиусов), что хвост магнитосферы простирается за орбиту Луны. Распределенные вокруг планеты заряженные частицы, связанные в единую систему с геомагнитным полем, называются магнитосферой Земли. Частицы, попавшие в «ловушку» такого поля, колеблются между полюсами планеты, так как отталкиваются от геомагнитных полюсов увеличивающимся магнитным полем. Области проникновения частиц поясов в верхнюю атмосферу, где они поглощаются в столкновениях с молекулами и атомами атмосферы, определяются структурой геомагнитного поля и имеют известные из эксперимента широты и долготы. В хвосте магнитосферы, на больших расстояниях от Земли, напряженность магнитного поля ослабляется, и некоторые частицы солнечного ветра получают возможность слиться с земной магнитосферой. Солнечный ветер — это истечение плазмы солнечной короны в межпланетное пространство. На уровне земной орбиты средняя скорость частиц солнечного ветра (протонов и электронов) около 400 км/с, число частиц — несколько десятков в 1 см^3 . Хвост магнитосферы служит местом формирования потоков «высыпающихся» частиц, которые возвращаются к полярным районам Земли и вызывают полярные сияния.

Различные слои атмосферы по-разному воспринимают солнечное излучение. В верхней атмосфере важнейшим эффектом является поглощение атмосферой солнечного УФ, рентгена, потока заряженных солнечных частиц и частиц, выпадающих из магнитосферы. Солнечное излучение не только нагревает атмосферу, но и ионизует атомы и молекулы. В тропосфере важнейший эффект — нагревание зем-



Радиационные пояса Земли (магнитосфера) под действием солнечного ветра.



Интенсивность заряженных частиц, измеряемых на одном витке спутника с полярной орбитой как функция времени измерения (UT) на витке (через 1,5 часа спутник оказывается на той же широте), что соответствует измерению зависимости от широты Земли.

Видны пики интенсивности разного происхождения:

- 1 — полярные зоны, где космические частицы проникают через геомагнитное поле,**
- 2 — зона полярных сияний,**
- 3 — частицы внутреннего радиационного пояса,**
- 4 — частицы внешнего радиационного пояса,**
- 1* — частицы Южно-Атлантической магнитной аномалии.**

Данные спутника МГУ «Татьяна».



Полярное сияние в верхней атмосфере.



Спутник МГУ «Татьяна» на испытании в лаборатории.

ной поверхности солнечным излучением. Здесь, как было сказано, солнечное излучение выделяет гигантскую энергию, которая отвечает за динамику поверхности Земли — океана и атмосферы.

Образованные в верхней атмосфере ионы и электроны рекомбинируют в нейтральные молекулы и атомы, но скорость рекомбинации в разреженной атмосфере невелика, и здесь образуется слой ионосферы (реально несколько слоев ионов с различными зарядами и массами).

Сила тяжести и вращение Земли захватывает ионы в движение поперек земного магнитного поля, и в результате появляется электрическое поле, направленное перпендикулярно к магнитным силовым линиям. На экваторе, где магнитные силовые линии параллельны поверхности Земли, электрическое поле направлено по вертикали к планете. Электрическое поле Земли образуется также вне атмосферы при пересечении потоком заряженных частиц солнечного ветра земного магнитного поля. Конфигурация этого электрического поля органически связана с направлением солнечного ветра, активностью Солнца. Энергия, выделяемая глобальным электрическим полем, зависит от количества ионов в ионосфере, которое пополняется не только на дневной стороне Земли — за счет солнечного излучения и солнечного ветра, но и на ночной стороне — за счет частиц космических лучей внесолнечного происхождения. Однако самым эффективным источником ионов являются грозовые разряды. Глобально в атмосфере Земли непрерывно действуют около 2000 грозовых образований, и частота молний составляет около 30 в секунду. Географический максимум активности гроз находится в приэкваториальном районе над Африкой, Юго-Восточной Азией и Южной Америкой. Потенциал электрического поля Земли составляет от 200 до 400 кВ. В безоблачных районах планеты атмосфера является слабопроводящей, так что земной электрический генератор работает в среднем с мощностью порядка 10^5 МВт.

Электрические разряды в атмосфере сопровождаются всплесками электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн от УФ и видимого света (транзистентные световые явления) до радиоизлучения (атмосферики), которые создаются при локальных сильных возмущениях электрического поля в районе самого разряда. Радиоволны, проникающие в магнитосферу, встречают в ее структуре резонаторы, «настроенные» на определенные длины волн (когда длина волны равна размеру структуры магнитосферы). Порядок величины подобных структурных элементов

магнитосферы — тысячи км, что соответствует частотам радиоволн порядка долей Пд. Этот диапазон частот называется «очень малыми частотами» и представляет большой интерес в связи с взаимодействием электрических явлений в атмосфере и флуктуациями магнитного и электрического полей в магнитосфере и изменениями структуры магнитосферы.

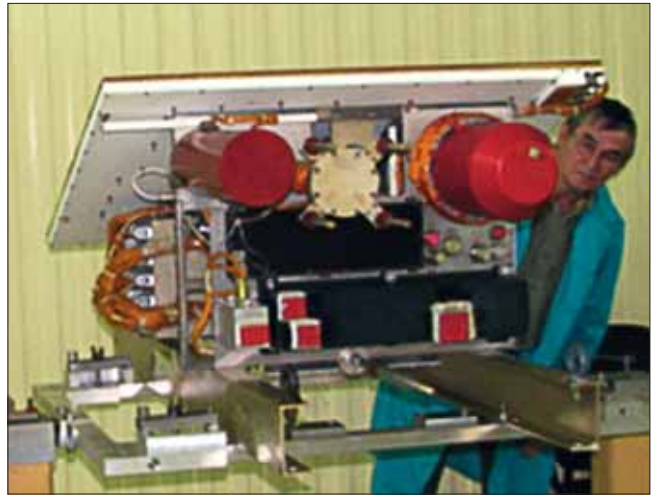
Таким образом, наше представление о строении атмосферы предполагает действие как внеземных факторов (в первую очередь — прямого солнечного излучения и солнечного ветра), так и земных факторов, таких как грозы и ветры (которые, правда, в конечном счете тоже связаны с солнечной энергией).

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

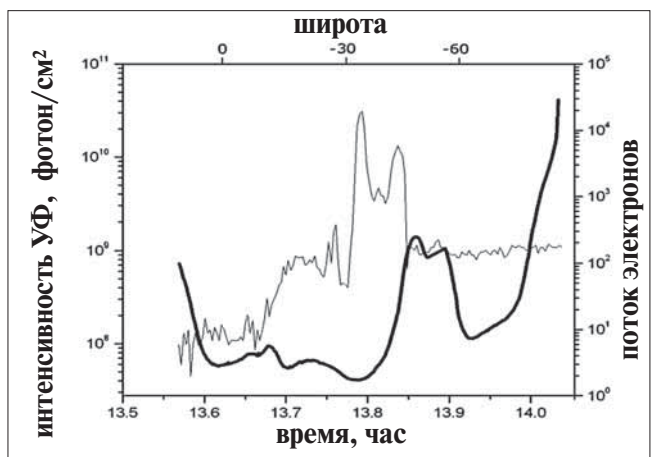
Высоты верхней атмосферы (более 50 км) недоступны для приборов, размещенных на самолетах или на высотных воздушных шарах. Прямые измерения плотности атмосферы, потока заряженных частиц, интенсивности электромагнитных полей стали доступны с появлением геофизических ракет, достигающих высот верхней атмосферы при вертикальном взлете и посадке. Полет ракеты длится несколько минут, поэтому измерения носят «точечный» характер: в заданный момент времени в заданном районе Земли. Глобальные длительные измерения возможны при «косвенных» методах, когда с борта искусственного спутника Земли регулярно измеряются параметры, связанные с перечисленными выше первичными данными, в соответствии с физической теорией и/или экспериментальной калибровкой косвенных параметров.

Хорошо изученными по косвенным параметрам свойствами верхней атмосферы являются свойства, полученные путем измерения электромагнитных излучений, генерируемых заряженными частицами в процессе ионизации атмосферы. С развитием технологии околоземных систем спутников появилась еще одна возможность измерения параметров атмосферы: путем измерения поглощения излучения на пути через верхнюю атмосферу от «эталонного» источника, работающего на борту спутника, до приемника излучения, расположенного на поверхности Земли или на борту другого спутника. Оба этих метода широко используются на микро-спутниках.

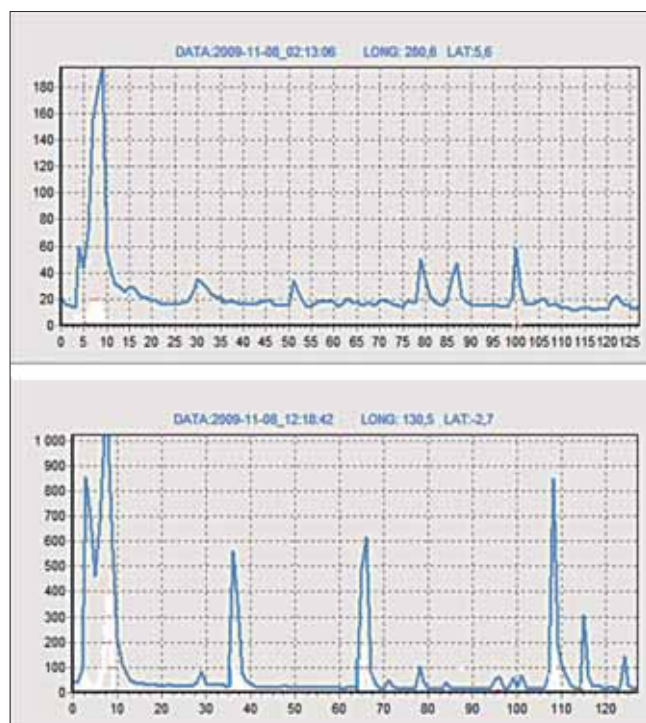
Автору данной статьи близки измерения, проведенные на микро-спутниках МГУ «Университетский-Татьяна» и «Университетский-Татьяна-2», сокращенно «Татьяна-1 и 2». На этих спутниках помимо детекторов частиц, измеряющих интенсивность частиц непосред-



Старший научный сотрудник НИИЯФа МГУ Г.К. Гарипов проводит наладку спутника МГУ «Татьяна-2».



Профиль полярного сияния (жирная линия) и потоки заряженных частиц по данным спутника «Татьяна» за 29 декабря 2005 г. На оси абсцисс отложено время наблюдения в часах и долях часа, на оси абсцисс сверху — широта места наблюдения.



Временные профили всплесков в верхней атмосфере, характерные для событий «эльв». Длина волны излучения 240–400 нм.



Временной профиль события «спрайт».

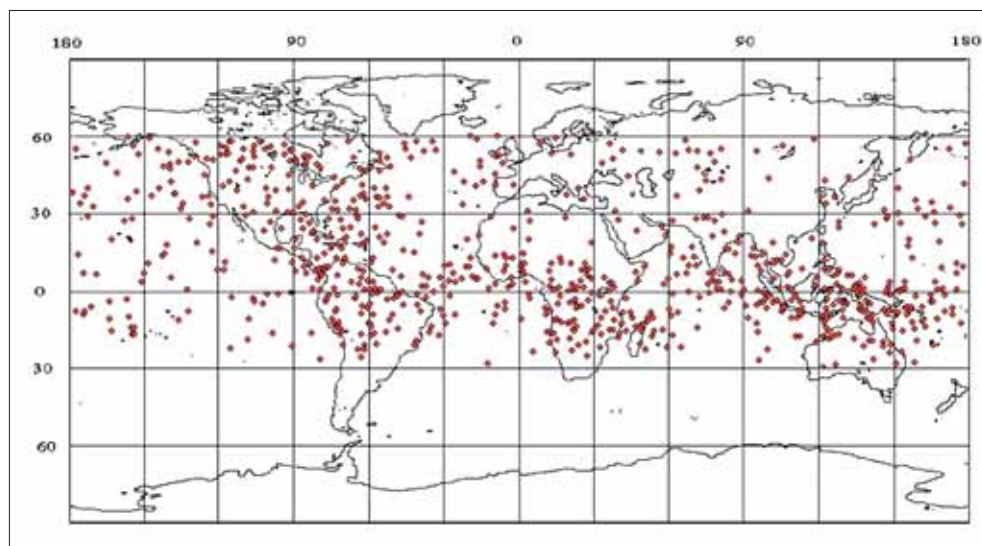
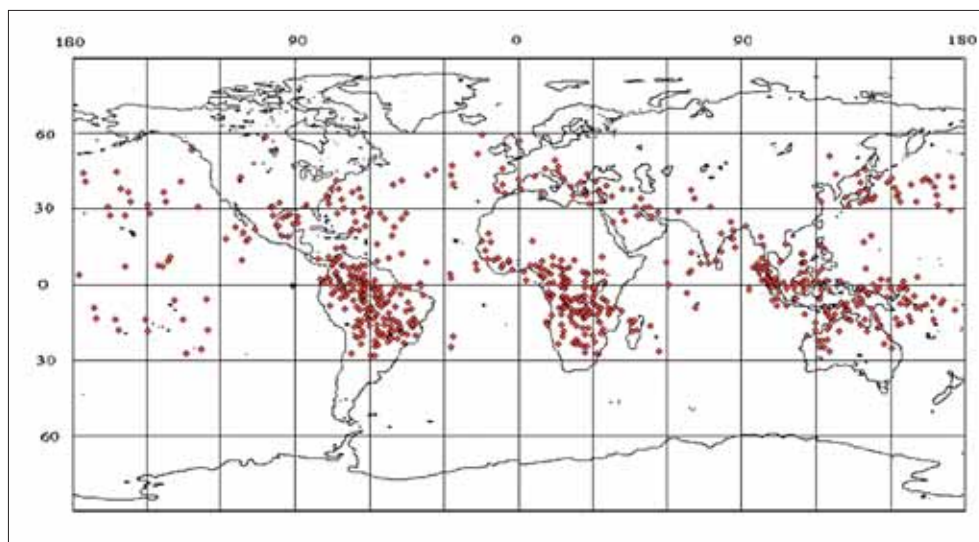
ственно на орбите (высоты 900–1000 км, которые значительно выше, чем высоты верхней атмосферы), поставлены приборы, показывающие интенсивность излучения в ультрафиолетовой и красной области излучения в верхней атмосфере по вертикали вниз. Эти устройства позволили снять глобальную карту интенсивности таких излучений по всей атмосфере. Как оказалось, распределение этой интенсивности по широте положения спутника коррелирует с распределением интенсивности частиц, измеряемых непосредственно на орбите. Особенно ярко видна связь между свечением полярных сияний в верхней атмосфере и широтой потока частиц, выпадающих из магнитосферы. Измерено время запаздывания свечения в верхней атмосфере (на высотах 100–200 км) относительно времени пересечения спутником частиц магнитосферы на высоте орбиты 900 км.

На других спутниках при наблюдении видеокамерой, направленной на лимб (горизонт) Земли, хорошо видна концентрация свечения в верхней атмосфере на высотах 90–100 км. Это свечение описывается теорией рекомбинации ионов и электронов на ночной стороне Земли.

Приведенные примеры свечения ночной верхней атмосферы свидетельствуют о важной роли сил, действующих «сверху-вниз». Вместе с тем есть примеры событий, когда свечение верхней атмосферы происходит под действием сил, направленных «снизу-вверх». В последние годы получены многочисленные данные о свечении верхней атмосферы под действием электромагнитного импульса, генерируемого молнией в нижней атмосфере. Электромагнитный импульс молнии создает фронт электрического поля, распространяющегося вверх до высот более 50 км, где плотность атмосферы мала и напряженность поля для начала каскадного процесса электрического разряда снижается до значений, которые имеет импульс от молнии. К явлению каскадного размножения электронов и фотонов в высотном разряде добавляется и ускорение имеющихся «свободных» электронов в ионосфере. Действие факторов, характерных для земной атмосферы, приводит к причудливому сочетанию разрядов и свечений в области высот верхней атмосферы. Наблюдаемые виды разрядов получили соответствующие «экзотические» названия: «эльвы», «спрайты», «голубые струи»...

Видео картины разрядов дополнены временной картиной развития разрядов в верхней атмосфере. Приборы, дающие временной профиль событий, были поставлены на спутниках МГУ «Татьяна-1 и 2». Типичными для событий «эльв» являются короткие

Карта распределения
вспышек с числом фотонов
 $Q_a > 10^{23}$.



Карта распределения вспышек
с числом фотонов $Q_a < 5 \cdot 10^{21}$.

во времени импульсы света от 1 до 5 мсек, которые иногда повторяются в течение 100 мсек. Для событий «спрайт» длительность вспышек больше.

Полное число фотонов в каждом событии (его яркость) можно получить, суммируя измеренное число фотонов во временном профиле. По данным спутников «Татьяна» удалось построить распределение событий по яркости для всех положений спутника над земной поверхностью (глобальное распределение событий). Оказалось, что большинство ярких вспышек происходит над континентами в приэкваториальной зоне — над Африкой, Южной Америкой, Азией. Это распределение вспышек повторяет глобальное распределение гроз. Менее яркие события имеют более равномерное глобальное распределение. Эти разряды встречаются над безоблачными районами атмосферы, что указывает на их «космическое» происхождение, например, связанное с кратковре-

менными высыпаниями в верхнюю атмосферу частиц магнитосферы, подобно тому, как высыпаются частицы, ответственные за полярные сияния.

На самом деле происхождение вспышек без молний — это предмет для дальнейших исследований, поскольку у нас нет достаточных данных для подтверждения той или иной гипотезы их происхождения. Необходимо одновременное изучение вспышек в различных диапазонах длин волн — от ультрафиолета до радиоволн. Эта задача выполняется в измерениях на уже работающем микроспутнике «Чибис». Исследования будут продолжены в измерениях на спутнике РЭЛЕК, подготовленного к запуску в 2014 г.

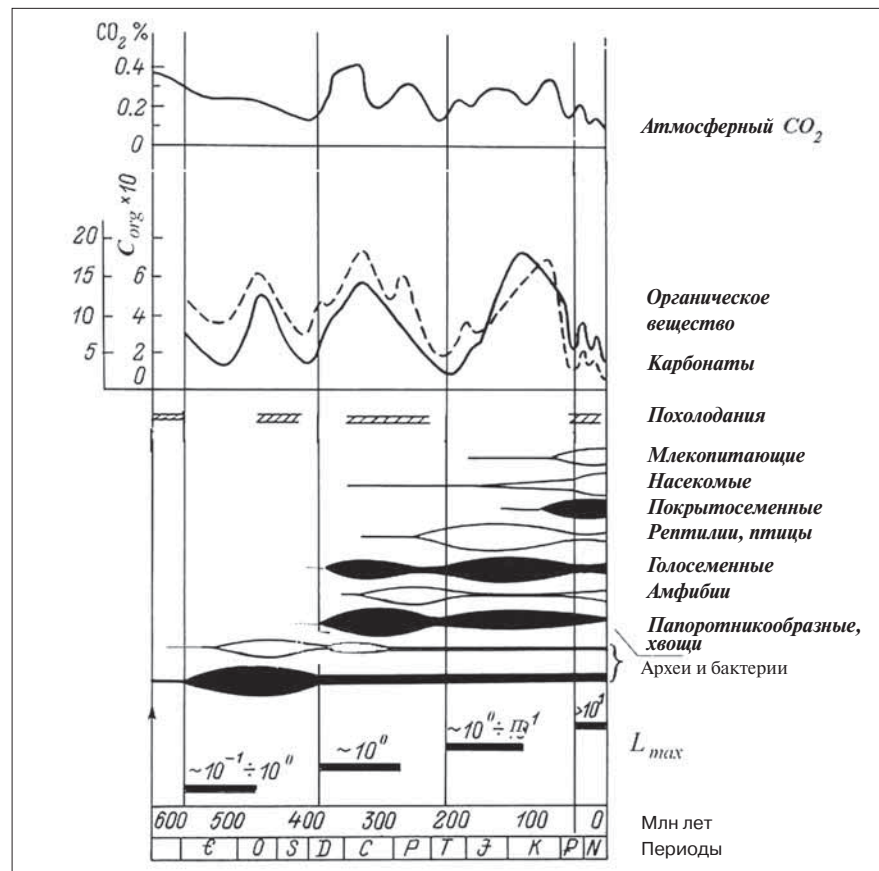
Иллюстрации предоставлены автором

ПЕРЕХОД К УПРАВЛЯЕМОЙ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

Член-корреспондент РАН Алексей ЯБЛОКОВ,
Институт биологии развития им Н.К. Кольцова РАН (Москва),
доктор биологических наук Владимир ЛЕВЧЕНКО,
Институт эволюционной физиологии и биохимии
им. И.М.Сеченова РАН (Санкт-Петербург),
доктор биологических наук Анатолий КЕРЖЕНЦЕВ,
Институт фундаментальных проблем биологии РАН
(г. Пущино Московской области)

Еще академик Владимир Вернадский писал о том, что современный человек по масштабам воздействия на биосферу стал «геологической силой». Но его грандиозная, поистине планетарная деятельность пока имеет стихийный характер. Это связано с непониманием значимости происходящих в биосфере процессов, обеспечивающих пригодные для поддержания жизни свойства среды обитания, а также с недооценкой антропогенной трансформации круговоротов вещества, потоков энергии и информации. Политические и экономические решения принимаются исходя из парадигм предшествующих эпох, в то время как экологическая ситуация на планете стремительно меняется. В ноосферу — сферу взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная деятельность людей станет определяющим фактором развития, биосфера может превратиться лишь при условии, что человек («биосоциальное вещество») научится управлять ее эволюцией.

Некоторые черты развития биосферы в фанерозое до антропоцена: изменение концентрации атмосферного CO_2 , динамика образования органики, накопления карбонатов и развития крупных таксонов наземных организмов в фанерозое (по Левченко, 2011). Циклы ≈ 200 млн лет, вероятно, как-то связаны с обращением Солнечной системы вокруг центра Галактики приблизительно с таким же периодом.



РАЗВИТИЕ БИОСФЕРЫ ДО ЧЕЛОВЕКА

В эволюции биосферы в течение фанерозоя* (с кембрия до антропоцена**) прослеживаются циклы в 200 млн лет. Заметим, что этот период близок к периоду обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики. К середине каждого цикла усиливалось газоотделение из недр планеты из-за более интенсивных геологических процессов (в том числе существенно увеличивалось количество углекислоты в атмосфере), с некоторым временным сдвигом менялся климат, и возникали принципиально новые группы организмов. Есть данные, что циклично менялось и содержание кислорода в атмосфере, и уровень Мирового океана. Кроме того, при этом проявлялись особенности, связанные с дрейфом континентов и распадом Пангеи (древнего суперконтинента).

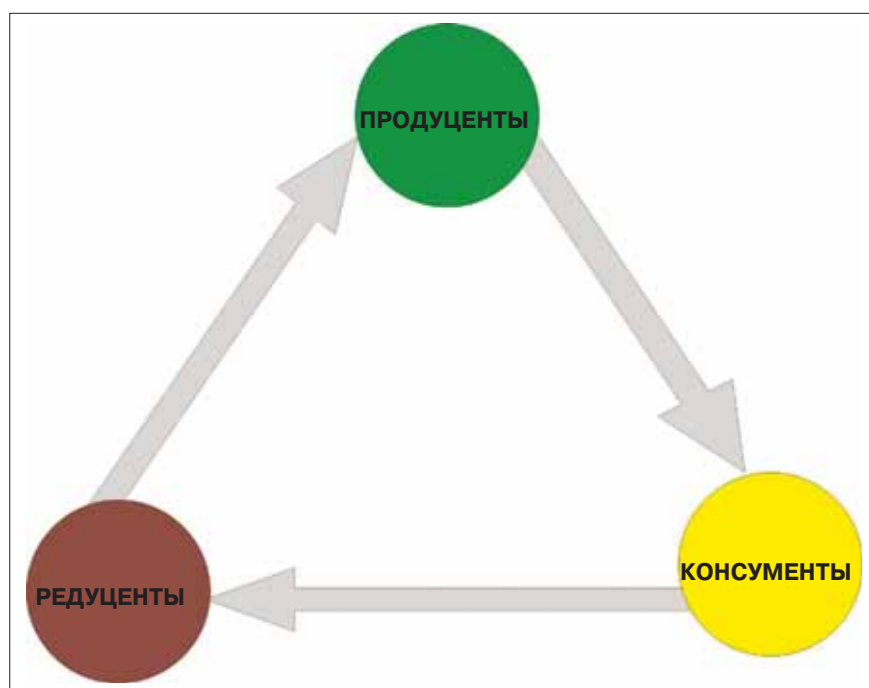
Количество углекислого газа (CO_2) в атмосфере до антропоцена (последние 2 млн лет) регулировалось в биосфере естественными процессами: «быстрым»

углеродным циклом, связанным с жизнедеятельностью организмов, и «медленным», сопряженным с геологическими процессами: CO_2 с разной интенсивностью выделяется из недр и в то же время аккумулируется в углеродсодержащих породах. У каждой геологической эпохи было свое равновесное содержание углекислоты в атмосфере.

К антропоцену основные природные возможности возникновения более эффективных фотосинтезаторов, создающих основную массу органического вещества на поверхности планеты (в экологии их называют растительными продуцентами), по-видимому, были исчерпаны. Это связано как с ограничениями со стороны физиологических и биохимических механизмов самих растений, так и с усложнением структуры растительных сообществ. Задолго до антропоцена возникли максимально эффективные хлорофиллы, использующие солнечную радиацию, а растительные сообщества стали настолько сложными, многоярусными, повсеместными и взаимозаменяемыми, что практически вся доступная для фотосинтеза при любых конкретных условиях часть солнечной энергии полностью ими перехватывалась. Яркий пример такой сверхпродуктивности демонстрируют современные дождевые леса (с годовым количеством осадков не менее 2000–7000 мм). В последние несколько десятков миллионов лет (включая антропоцен) не

*Фанерозой — отрезок времени геологической истории, начавшийся около 550 млн лет назад и продолжающийся в наше время; началом фанерозоя считается кембрийский период (~542–485 млн лет назад) (прим. ред.).

**Антропоцен — термин введен в 2000 г. голландским химиком, специалистом в области химии атмосферы Паулем Крутценем (нобелевский лауреат 1995 г.) для обозначения отрезка истории, в котором деятельность человека начала оказывать серьезное воздействие на окружающую среду (прим. ред.).



Круговорот вещества в биосфере до антропоцена.

появилось принципиально новых, более продуктивных растительных сообществ.

Формирование человека (рода *Номо*) — естественный этап развития биосферы: к моменту его появления она, по-видимому, достигла максимальной сложности за всю свою историю, и это способствовало возникновению и быстрому расцвету высокоорганизованных животных с развитым мозгом, коммуникацией и очень сложным поведением, в частности приматов. Вряд ли такое было бы возможно в случае более просто устроенной биосферы с меньшим биоразнообразием.

Появление Человека разумного (*Homo sapiens*), как вида, вырвавшегося в эволюции из рамок чисто биологических закономерностей, означает принципиальное изменение условий эволюции биосферы: над природными закономерностями (физико-химико-биологическими) постепенно начинают доминировать антропосоциальные. Поэтому выдвинутая в 20-е годы XX в. российским естествоиспытателем и мыслителем Владимиром Вернадским, французским математиком и философом Эдуардом Леруа, а также его соотечественником геологом, палеонтологом и католическим философом Пьером Терьяр де Шарденом концепция возможного перехода от биосферы к ноосфере описывает, скорее всего, закономерное продолжение эволюции материи. Однако вызванный человеком глобальный экологический кризис показывает, что переход — если он произойдет — будет весьма болезненным и для биосферы, и для самого человека.

ПОЧЕМУ БИОСФЕРА «ТРЕЩИТ ПО ШВАМ»?

Глобальный экологический кризис определяется тысячекратно более быстрыми изменениями эволюционно-сложившихся параметров круговоротов ве-

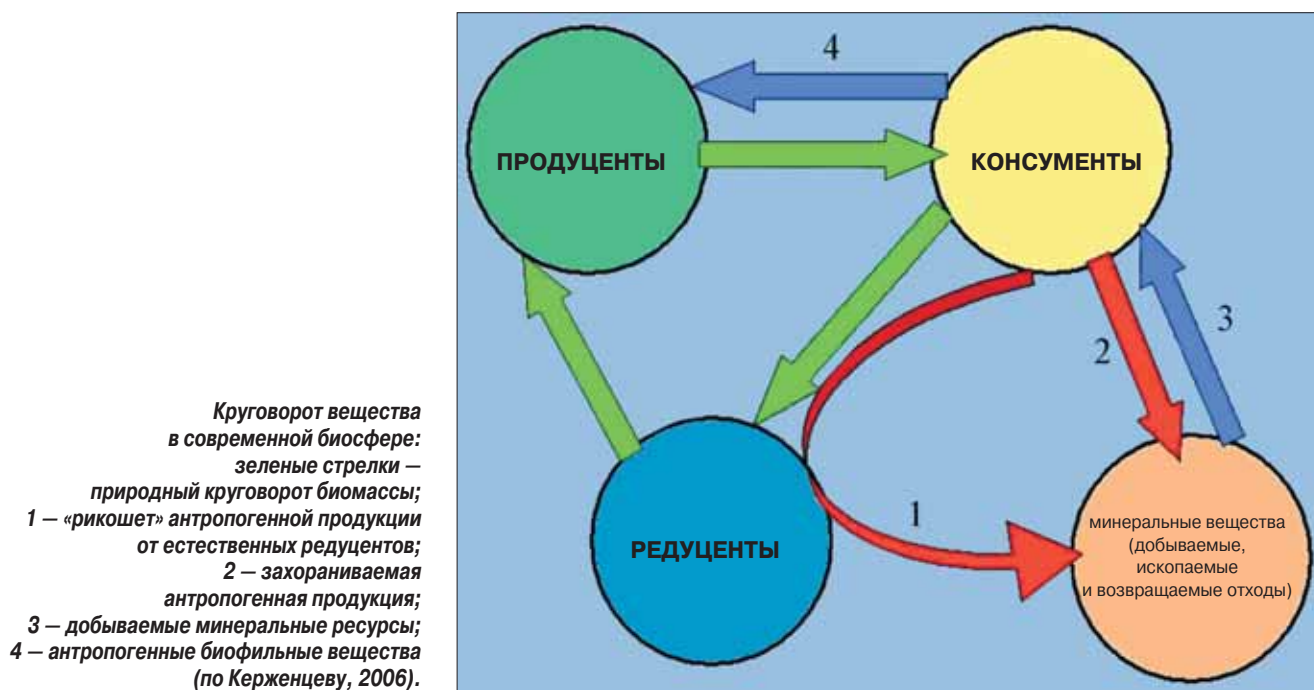
щества, потоков энергии и информации (как суммы генетических кодов и их осуществления) в последние полтора столетия, чем это бывало в прошлые эпохи развития биосферы. Кратко перечислим главные составляющие этого кризиса.

Наблюдается широкое проникновение в биосферу глобальных и «вечных» загрязнителей (стойкие органические загрязнители, радионуклиды, ртуть и др.) — ксенобиотиков, опасных для всего живого. В результате антропогенных выбросов радиоактивных веществ средняя фоновая радиоактивность на поверхности Земли впервые за последние сотни миллионов лет стала расти. По подсчетам, общее число наименований производимых в мире химических веществ и их соединений превышает 250 тыс. Даже в пуповинной крови новорожденных выделяются сотни чужеродных веществ.

Усиливается антропогенное загрязнение атмосферы. В воздух ежегодно выбрасывается около 40 млрд т загрязняющих веществ (более 6 т/чел/год). В 2013 г. концентрация CO₂ достигла максимума за последние по крайней мере 800 тыс. лет (возможно, за 20 млн лет).

Происходит антропогенное изменение лика планеты. Ежегодно добывается более 100 млрд т минеральных веществ (14 т/чел/год), в результате антропогенной эрозии перемещается столько же почвогрунтов. Зарегулирован сток половины речных систем Земли. Площадь лесов сокращается примерно на 100 тыс. км²/год. За последние 200 лет уничтожена половина тропических лесов (около 8 млн км²), к 2030 г. их останется только 10% от существовавших до начала антропоцена.

Отмечается антропогенное изменение климата. Оно проявляется в общем потеплении поверхности планеты, учащении и интенсификации аномальных атмо-



ферных явлений, дестабилизации осадков, подъеме уровня Мирового океана (≈ 3 мм/год).

Сокращается биоразнообразие. По расчетам, ежегодно исчезают несколько видов, а всего в течение XXI в. безвозвратно будут потеряны 50–80% всех видов живых существ. Основная причина их антропогенного вымирания — разрушение местообитаний.

Разрушается экосистема Мирового океана. За последнее столетие он потерял $\approx 40\%$ фитопланктона в результате закисления, вызванного поглощением углекислого газа. Количество крупных рыб в океане сократилось на 90%. Численность 30–40% популяций промысловых видов опасно снижена. Возрастает загрязнение: в некоторых акваториях масса пластиковых частиц почти в шесть раз выше естественной массы планктона. Появляются огромные мусорные острова, увеличивается территория «мертвых зон» (только в Балтике их площадь увеличилась за столетие в 10 раз).

Исследователи фиксируют рост «генетического груза». Локальный всплеск частоты хромосомных aberrаций при химическом и радиационном загрязнении свидетельствует, что поток информации в биосфере (в виде передачи от поколения к поколению генетических кодов) в результате генотоксических изменений среды становится все более «замутненным».

Перечисленные факты говорят о том, что в результате глобального экологического кризиса биосфера как единая система теряет целостность и способность к саморегуляции, можно сказать, «трещит по швам».

СБОЙ В СИСТЕМЕ «ПРОДУЦЕНТ — КОНСУМЕНТ — РЕДУЦЕНТ»

Биосферный круговорот вещества и потоков энергии поддерживаются благодаря возникновению в ходе

эволюции Земли системы «продуцент (синтез сложных органических веществ из неорганических автотрофами и хемотрофами) — консумент (преобразование сложного органического вещества) — редуцент (разложение сложных органических веществ)». До антропоцена этот круговорот был очень устойчив, почти замкнут (из него выпадает около 1% вещества) и очень тонко «настроен».

Человек не только потребляет органическое вещество. Поддерживая функционирование агроценозов, он превратился в его производителя — стал не только консументом, но и продуцентом. Однако если такая деятельность человека в целом сопоставима с масштабами работы доантропогенных продуцентов, то с его деятельностью как консумента дело обстоит иначе. Последняя заметно нарушила естественные, сложившиеся в ходе эволюции биосферы локальные и глобальные круговороты вещества и потоки энергии. Произошло снижение массы естественных продуцентов (вырубка лесов), а также массы редуцентов (распашка и «запечатывание» почвы), но зато увеличилась масса консументов (население Земли превысило 7 млрд человек, число сельскохозяйственных домашних животных исчисляется несколькими миллиардами). Еще один значимый фактор — введение в биосферный круговорот большого количества добываемых минеральных ресурсов, не участвовавших в нем ранее.

Для восстановления нарушенного планетарного баланса в системе «продуцент—консумент—редуцент» человечеству необходимо научиться выполнять функцию редуцента: преобразовывать отходы своей деятельности в простейшие соединения, доступные для использования другими живыми организмами. Необходим рециклинг (повторное использование) антропо-



Морской котик в обрывках рыболовных сетей, остров Южная Георгия в Атлантике.
(Yva Momatiuk & John Eastcott / Minden Pictures / Corbis;
<http://www.foreignaffairs.com/articles/140164/alan-b-sielen/the-devolution-of-the-seas>)

погенной продукции для возвращения в биосферный круговорот изъятых из него веществ.

Для восстановления нарушенного биосферного баланса человечеству также необходимо откорректировать (возможно, даже расширить) производство первичного органического вещества, т.е. усилить свою роль продуцента.

Приходится констатировать: в настоящее время человечество использует избыточное количество минеральных ресурсов и энергии. Во многом это происходит только потому, что оно не ушло от парадигмы неолитического времени: мы относимся к биосфере исключительно как к неисчерпаемому ресурсу для собственного развития, но не как к жизнеобеспечивающей и суверенной единице жизни.

Если человек будет выполнять в биосфере не только функции консумента и продуцента, но и третью базовую экологическую функцию — редуцента, то из стихийной «геологической силы» и потребителя он сможет превратиться в разумного хозяина, «мозг» биосферы. При этом землянам, несомненно, потребуются меньше энергии и минеральных ресурсов, масштабная добыча и неэффективное использование которых (97–98% превращаются в отходы) является важным фактором нарушения жизнеобеспечивающих функций природной среды. Человек сможет ослабить ресурсно-потребительское давление на биосферу, что уменьшит напряжение, вызванное глобальным экологическим кризисом, и облегчит переход к ноосфере.

Схематически обозначенный выше подход лежит в основе концепции «кризисного управления эволюцией биосферы». Этот подход, по-видимому, преодолевает методологические ограничения концепции «устойчивого развития», в рамках которой биосфера, как самостоятельная единица жизни, вообще не рассматривается, а обсуждаются лишь представляющиеся экономически выгодными (обычно — в краткосрочной перспективе) мероприятия на локальных уровнях. Мы же полагаем, что для выхода из глобального экологического кризиса необходимо в первую очередь восстановить баланс планетарных круговоротов.

ЭЛЕМЕНТЫ «КРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Антропоцентричное представление о биосфере только как о «вместилище жизни» и неисчерпаемом ресурсе — упрощенное и недостаточное. Биосфера — суверенная единица жизни, объединяющая все живое, включая человека, в единую сеть — «паутину жизни», как назвал ее американский физик австрийского происхождения Фритьоф Капра. Эта паутина, физически существующая на планете в виде косного (неживого), биокосного (океан, почва, атмосфера) и живого вещества, порождает «биосоциальное вещество», которое могло бы стать «сферой разума» — ноосферой.

Академик Николай Вавилов* в 1926 г. ввел в науку термин «управляемая эволюция» по отношению к созданию человеком культурных растений. Сегодня логично расширить содержание этого термина до управления эволюцией всей биосферы. Не исключено, что парадигма управляемой эволюции может стать ведущей парадигмой развития человечества на все обозримое будущее. С другой стороны, ее можно рассматривать как своего рода «инкарнацию» концепции «Человек и биосфера», сформулированную в конце 1950-х — начале 1960-х годов и послужившую идеологической основой для концепции «устойчивого развития». Однако реализация идей управляемой эволюции биосферы сегодня приостановлена разразившимся глобальным экологическим кризисом.

Современный уровень технологий и теоретических разработок позволяет целенаправленно исправлять нарушенные и воссоздавать разрушенные жизнеобеспечивающие экосистемы на локальном, региональном и глобальном уровнях, восстанавливая измененное в антропоцене динамическое равновесие биосферы. Среди направлений практических действий по восстановлению нарушенных экосистем (назовем их элементами кризисного управления эволюцией биосферы) упомянем следующие. Создание полуприродных высокопродуктивных экосистем (например,

*См.: В. Драгавцев. «Желание служить общему благу». — Наука в России, 2003, № 3; Т. Авруцкая. «Жизнь я привык связывать с наукой». — Наука в России, 2012, № 5 (прим. ред.).

Пример создания новых антропогенных экосистем: плантации сорго среди пальм и акаций (Буркино-Фасо, Африка).
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Faidherbia_albida



направленным отбором на повышение эффективности использования растениями солнечной энергии на фотосинтез, или отбором на интенсификацию фотосинтеза при повышенном содержании CO_2). Переход от монокультур к поликультурам в сельском хозяйстве, от промысла к хозяйству по отношению ко всем добываемым (промышляемым) живым природным ресурсам. Переход от «борьбы» с нежелательными видами к управлению их численностью (соответственно, прекращение антропогенного потока ксенобиотиков, специально вносимых для этого в окружающую среду). Резкое расширение спектра окультуренных и одомашненных видов. Создание новых форм живых организмов (например, более эффективных редуцентов, способных перерабатывать хлорированные углеводороды типа ДДТ, ПХБ (полихлорированные бифенилы) и другие стойкие органические загрязнители). Наконец, надежная изоляция «вечных» поллютантов (например, решение проблемы захоронения радиоактивных отходов).

Для исправления нарушений в биосфере необходимо направленное восстановление и защита от дальнейшей деградации жизнеобеспечивающих функций биосферы. Частично это можно сделать путем расширения системы особо охраняемых природных территорий (освобождение природы от человека). И еще — спасая оставшееся биоразнообразие, снижая нагрузку гено-токсических веществ на генофонд человека и природы, уменьшая потребление ресурсов и энергии с помощью новых технологий.

Радикальным шагом на пути к управлению эволюцией биосферы мог бы стать переход от неорганических к органическим технологиям. Они предполагают целенаправленную замену всех конструкционных материа-

лов на основе неорганических веществ (включая металлы) на органические материалы, которые могут утилизироваться организмами-редуцентами. В целом необходимо двигаться от использования невозобновляемых ресурсов к применению возобновляемых.

Такой переход к кризисному управлению развитием биосферы потребует участия специалистов практически всех научных дисциплин. Главный же философский вопрос новейшего времени будет при этом звучать так: «Чего же человек хочет?».

И в заключение. В парадигме управляемой эволюции биосферы человек является и главным объектом, и субъектом управления. Он исправляет нарушенные им же экосистемы и разрабатывает технологии жизнеобеспечения биосферы и его самого. Это и будет ноосфера. Окажется ли этот путь реализованным в ходе эволюции биосферы или же движение пойдет по пути ее самоосвобождения от человечества, как «ошибочного зигзага» глобальной эволюции (по дискуSSION-ному выражению британского исследователя Джеймса Лавлока)? Ответ зависит в немалой степени от глубины осознания масштабов и последствий нарушения естественных природных процессов на протяжении антропоцена и способности человечества предпринять усилия в направлении кризисного управления развитием биосферы.

Статья подготовлена на основе доклада, прочитанного в Государственном Дарвиновском музее на II Международной конференции «Современные проблемы биологической эволюции» (11-14 марта 2014 г.)

Иллюстрации предоставлены авторами

ПАТОМСКИЙ КРАТЕР – ЗАГАДКА СИБИРСКОЙ ПРИРОДЫ

Доктор географических наук Владимир АЛЕКСЕЕВ,
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН
(г. Якутск),
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
(г. Иркутск)

**Кажется, все уже известно на Земле, все открыто и познано.
Но не здесь — в Сибири. Этот гигантский регион, протянувшийся
на тысячи километров от Урала до Тихого океана,
таит много загадок. Одна из них — Патомский кратер, расположенный
в Бодайбинском районе Иркутской области, много лет
привлекающий внимание геологов, географов, геофизиков, ботаников,
геохимиков и даже математиков. Интерес к нему растет,
множатся факты и артефакты, ученые и специалисты высказывают
десятки гипотез и «обоснованных» предположений о его происхождении,
но тайна возникновения природного феномена до сих пор
остаётся не раскрытой. По мнению автора, Патомский конус —
одна из форм мерзлотно-геологических образований,
в основе развития которого лежит гидровулканизм —
извержение вещества при промерзании водоносных систем,
приводящее к формированию бугров пучения — гидролакколитов
(в Якутии их называют булгуньяхами, в Канаде — пинго).**

**Характерная форма
Патомского кратера —
усеченный конус с впадиной
и горкой на вершине.
Фото С. Миронова**



«ГНЕЗДО ОГНЕННОГО ОРЛА»

В августе 1949 г. молодой геолог Вадим Колпаков во время съемочных работ в безлюдной тайге на границе Якутии и Иркутской области обнаружил необычный объект, внешне напоминающий шахтный террикон, — усеченный конус с впадиной на вершине. Он резко выделялся на фоне окружающей местности формой, «белесым» цветом и «молодостью». «Подобравшись ближе, — описывал через два года Колпаков свои впечатления в журнале «Природа», — я понял, что загадочный холм вовсе не дело рук человека. Скорее, он напоминал идеально круглую горловину вулкана высотой 70 м — примерно с 25-этажный дом... Возраст аномалии я оценил в 50–200 лет. И еще одна загадка — поднявшись на кольцевой вал кратера, я обнаружил в самом центре впадины полукруглый купол диаметром 15 м... Позднее, в разговорах с якутами-охотниками, я узнал, что это место называют «Гнездо огненного орла». Почему — неизвестно. И нигде в мире подобных аномалий больше нет». Объект назвали Патомским кратером (он известен также как Явальдинский и Джебульдинский).

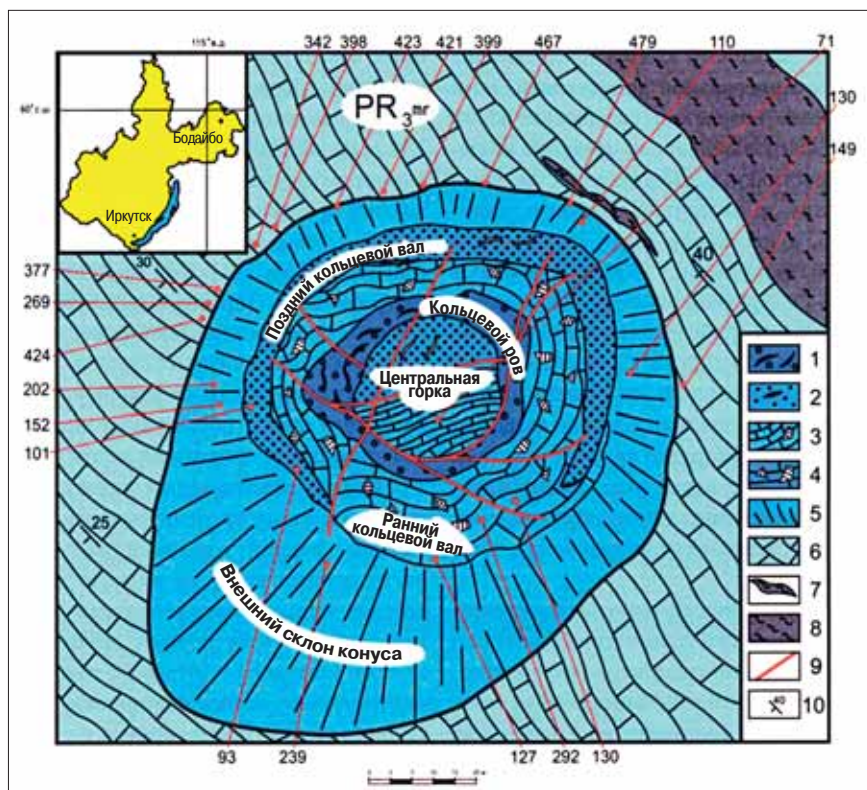
Член-корреспондент АН СССР Сергей Обручев, много лет работавший на Востоке нашей страны, сделал свое заключение по поводу сообщения Колпакова: обнаруженный примерно в 300 км от райцентра Бодайбо кратер — постройка эруптивного (вулканического) типа, возникшая при локализованном прорыве глубинных газов на участке, ослабленном тектоническими разломами.

В 1960-х годах вопрос о происхождении кратера несколько раз обсуждали в научной литературе без особого ажиотажа, но в последние 5–7 лет выступления на эту тему стали приобретать сенсационный характер.

Изучение таежного феномена проводила большая группа геологов, геохимиков, геофизиков, астрономов и геоботаников из Института земной коры СО РАН, Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Института динамики геосфер РАН, Иркутского государственного технического университета, Иркутской астрономической обсерватории и Санкт-Петербургского горного университета. Ученые составили первую геологическую карту конуса, провели геохимическое и минералогическое опробование, предварительное электроразведочное профилирование, магнитометрическую, металлометрическую и гравиметрическую съемку, отобрали спилы деревьев на дендрохронологический анализ, сделали качественные фотоснимки с вертолетов и самолетов. Всего со времени открытия Колпакова к необычному природному объекту было направлено 7 экспедиций (последняя — летом 2011 г.).

ГИПОТЕЗЫ, ВЕРСИИ, ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

В научной литературе и электронном медиапространстве предложено более двух десятков версий происхождения кратера. Их авторов условно можно разделить на 4 категории: космо-, лито-, антропо- и криогенисты. Первые предполагают участие в формировании конуса внеземных явлений — веществ, сил, процессов, цивилизаций. Например, директор Института проблем механики РАН академик Феликс Черноусько (сотрудники его коллектива создали физическую модель кратера) считает, что воронку на вершине усеченного конуса образовал некий сверхпрочный объект, упавший с неба. Другие гипотезы возвращают нас к событиям 1908 г., когда предположительно над Сибирью пронесся крупный метеорит и упал в бассейне Нижней Тунгуски, возбудив сей-



Геологическая карта Патомского кратера (составители В. Антипин, А. Федоров):

- 1 — массивные кристаллические известняки с кварц-мусковит-карбонатными жилами (кольцевой ров);
- 2 — массивные мелкозернистые кристаллические известняки с жилами кварца (поздний кольцевой вал и центральная горка);
- 3 — существенно выветрелые известняки с редкими глыбами метаморфизованных песчаников и сланцев (южная часть центральной горки);
- 4 — существенно выветрелые известняки с дресвой этих пород и глыбами метаморфизованных песчаников и сланцев (ранний кольцевой вал);
- 5 — осыпь глыб различных горных пород внешнего склона конуса;
- 6 — вмещающие кратер известняки мариинской свиты протерозоя;
- 7 — прослой песчаников среди известняков;
- 8 — метаморфизованные песчаники;
- 9 — кольцевые и радиальные зоны разломов в пределах кратера;
- 10 — элементы залегания горных пород.

смическую волну, три раза обогнувшую нашу планету. Часть небесного тела якобы могла сформировать и Патомский кратер.

Литогенисты опираются на известные явления, происходящие в верхней части земной коры или даже в мантии. Эндогенные процессы вызывают локальный выброс горных пород под большим давлением. Это может быть разогрев ураносодержащего тела (значит, в глубине находятся крупные залежи радиоактивного вещества), катастрофический выброс метана, разложение газовых гидратов, что предполагает наличие здесь нефти или газа, формирование «молодой» алмазонасной кимберлитовой трубки (этот факт дает основание к расширению поиска алмазов под кембрийской толщей осадочных горных пород) и, наконец, миграция флюидов в поровом пространстве, по трещинам, разломам и тектонически ослабленным зонам.

Антропогенисты считают образование Патомского конуса делом рук человеческих (одни связывают феномен со взрывом подземного склада оружия, тайно устроенного после Второй мировой войны, другие — с подземными испытаниями атомной бомбы, третьи — со строительством подземного бункера или шахтными разработками).

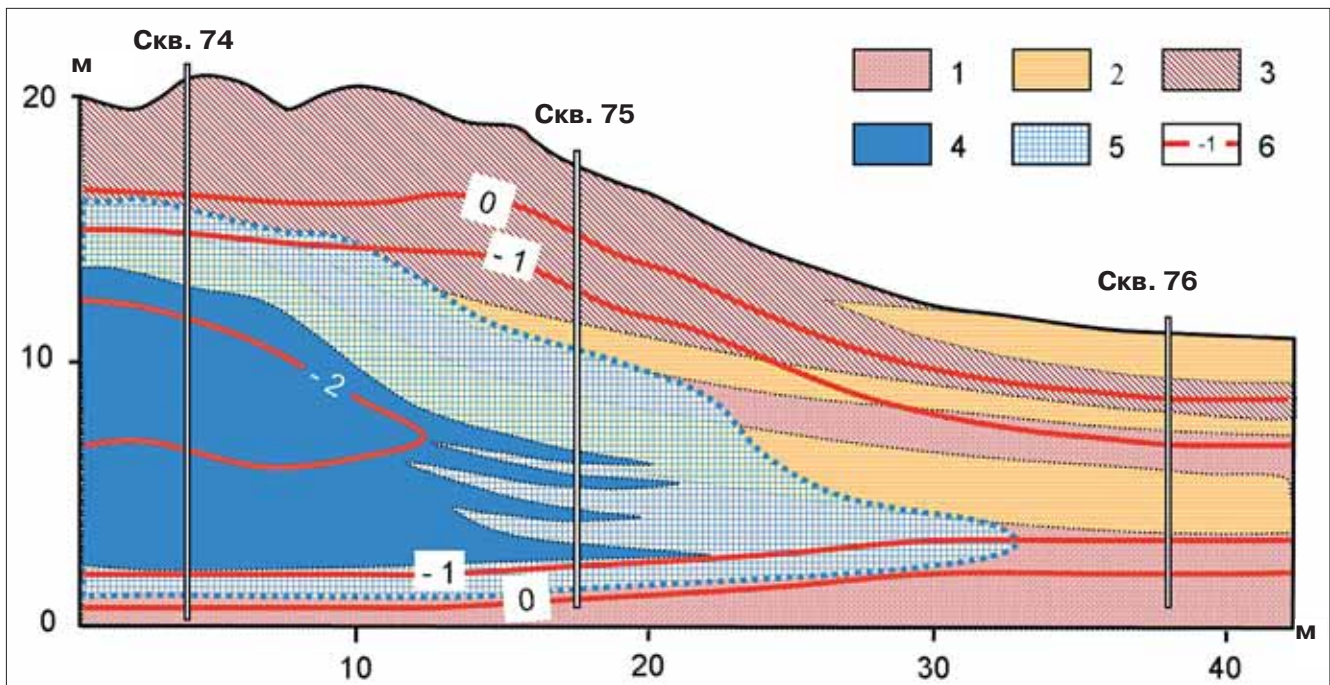
Криогенисты объясняют происхождение кратера многолетним промерзанием верхней части земной коры, формированием подземных ледников, внезапной кристаллизацией скопления переохлажденных подземных вод. Большинство этих версий основаны на тривиальном факте увеличения объема жидкости

при ее кристаллизации; некоторые явно надуманы, не соответствуют законам физики или базируются на явлениях, до сих пор не известных ни мерзлотоведам, ни гляциологам. Во избежание недоразумений считаем необходимым рассмотреть эту проблему с позиций современной криологической науки.

КРИОВУЛКАНИЗМ В ПРИРОДЕ ЗЕМЛИ

Давно установлено: промерзание водонасыщенных рыхло сложенных горных пород сопровождается их площадным или локализованным пучением, при этом на поверхности часто образуются одиночные или групповые эффузивные формы рельефа — бугры, гряды, конусы. В соответствии с принципами подобия физических явлений этот процесс с полным основанием можно назвать криовулканизмом. Основными условиями для его развития являются наличие воды или увлажненной грунтовой массы и многократный переход их температуры через ноль градусов.

На Земле криовулканизм имеет разные формы организации. Микровулканизм проявляется при кристаллизации капель воды, взвешенных в свободной атмосфере или осевших на поверхности наземных и надземных предметов. Яркий пример — капли замерзающего дождя, когда из-под ледяной оболочки под большим давлением извергаются частицы воды и замерзают на поверхности ледяной сферы в виде бугорков, конусов, натечных террас. Мезовулканизм можно наблюдать во время замерзания ручьев, луж и небольших скоплений воды в отрица-



Геокриологический разрез булгуньях, сформировавшегося в аласе Хотонук в окрестностях поселка Абалах, Якутия:
 1 — песок; 2 — суглинок; 3 — супесь; 4 — лед инъекционный; 5 — льдогрунт; 6 — изотермы, °C.

тельных формах рельефа земли, почвы, льда, асфальта. Макровулканизм характерен для промерзающих рек, озер, прудов, водохранилищ, мелководных лагун, каналов и других водных объектов, а также для верхней части земной коры. В процессе макровулканизма, широко распространенного в областях с суровыми климатическими условиями, образуются наледи поверхностных и подземных вод, ледяные и грунтовые бугры пучения, грязевые потоки, газовые и водяные фонтаны.

На некоторых планетах Солнечной системы возможен мега- и гигавулканизм — промерзание на поверхности небесных тел или в их недрах гигантских скоплений воды или иной жидкости. На Марсе таким образованием, видимо, является конус Никс Олимпики, обнаруженный в 1971 г. американской межпланетной станцией Маринер-9 (диаметр его основания 500 км, высота 27 км, ширина кратера 40 км). На Земле криогенный мега- и гигавулканизм может проявиться при катастрофически быстром промерзании крупных озер, морей и океанов.

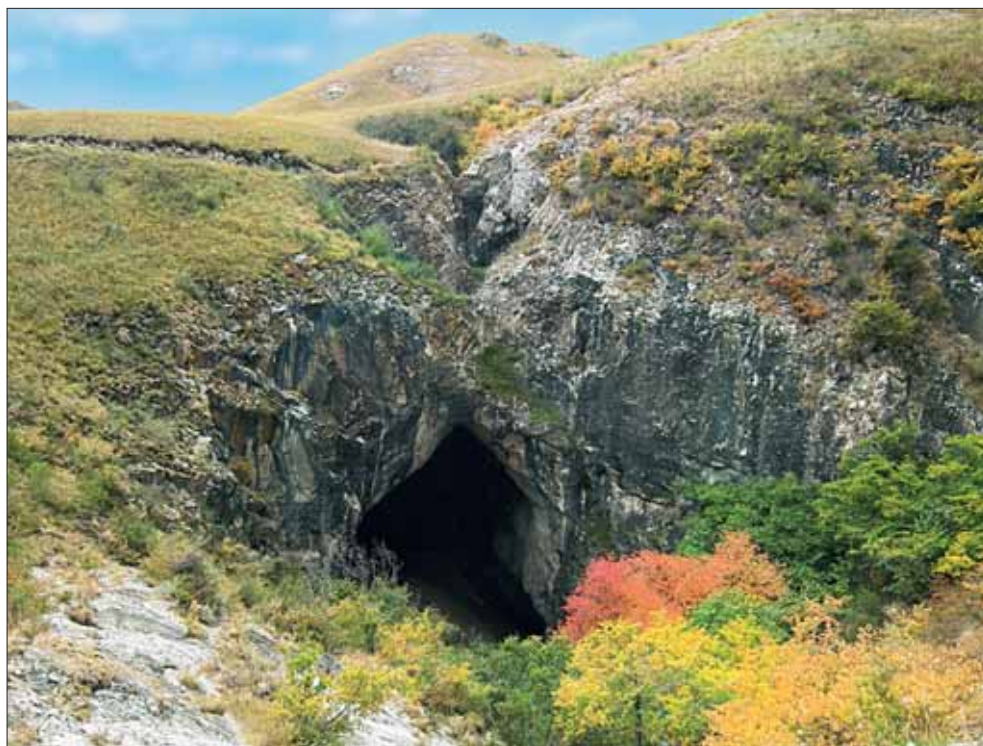
Патомский конус, на мой взгляд, представляет собой одну из форм макровулканизма. Это типичный бугор пучения (булгуньях, пинго, гидролакколит), образовавшийся в результате промерзания водонасыщенных горных пород.

Причину локализованного воздымания грунтов в условиях промерзания открытой системы объяснил в 1927 г. один из создателей учения о вечной мерзлоте Михаил Сумгин на основании простейшего опыта с небольшим объемом кристаллизующейся воды, а в условиях промерзания закрытых структур — его ученик и последователь Валериан Петров. Последний,

изучавший в 1930-х годах наледные курганы Амурско-Якутской автодорожной магистрали, первым указал на то, что рост бугров пучения происходит вследствие образования вакуума у нижней границы мерзлоты в результате подтаивания льда при повышении температуры на дневной поверхности. Причем вертикальное движение мерзлой толщи начинается с некоторым смещением во времени после нового похолодания, когда кристаллизуется прослойка воды, появившаяся вследствие ее подсоса из нижних горизонтов. В дальнейшем (1988 г.) этот механизм воспроизвел в морозильных камерах Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН доктор геолого-минералогических наук Григорий Фельдман, а в последнее время подтвердил экспериментами и математическими моделями кандидат физико-математических наук Яков Горелик (Институт криосферы Земли СО РАН).

Масштабность ежегодного формирования бугров и площадей пучения в криолитозоне поражает даже специалистов. В холодных регионах поверхность Земли зимой почти повсеместно приподнимается на 0,2–0,5 м, а летом опускается на ту же величину. На участках вблизи родников промерзающий грунт часто вспучивается, трещит, ломается, перемещается за сезон на высоту до 6 м (!). Подобные курганы нередко взрываются, и из их недр извергаются газы, мощные потоки воды и грязи.

Многолетние бугры пучения встречаются практически по всей области распространения мерзлых горных пород. Наиболее крупные из них формируются на приморских равнинах Севера. Еще в начале 1930-х годов известный геоботаник доктор биологических наук Владимир Андреев сообщал об обнару-



**Вход в пещеру Хэтэй
(Забайкалье).**

Фото А. Бизинова

жении в тундре Западно-Сибирской равнины «бугров выпячивания» высотой от 1 до 70 м, время существования которых измеряется сотнями и тысячами лет. С точки зрения Андреева, западно-сибирские булгунняхи ничем не отличаются от якутских и образуются в результате многолетнего промерзания подошренных таликов (оттаявших участков горной породы среди мерзлых). Такой же вывод сделал в 1938 г. известный исследователь Севера ботаник Альф Эрлинг Порсилд (США), наблюдавший появление пинго на месте спущенного в 1900 г. озера в дельте канадской реки Маккензи. Бугор начал расти 30 лет спустя после осушения котловины. Его коллега Росс Маккей показал в дальнейшем, что с 1930 по 1987 г. бугор вырос на 10 м, при этом в недрах сформировалось 29700 м³ льда (что близко к объему холма).

В настоящее время криогенное происхождение одиночных курганов на приморских равнинах и в долинах горных рек криолитозоны ни у кого не вызывает сомнения. Однако остается невыясненным вопрос: могут ли подобные формы рельефа образоваться при промерзании коренных (скальных) горных пород? Попытаемся найти на него ответ.

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ФЕНОМЕНА

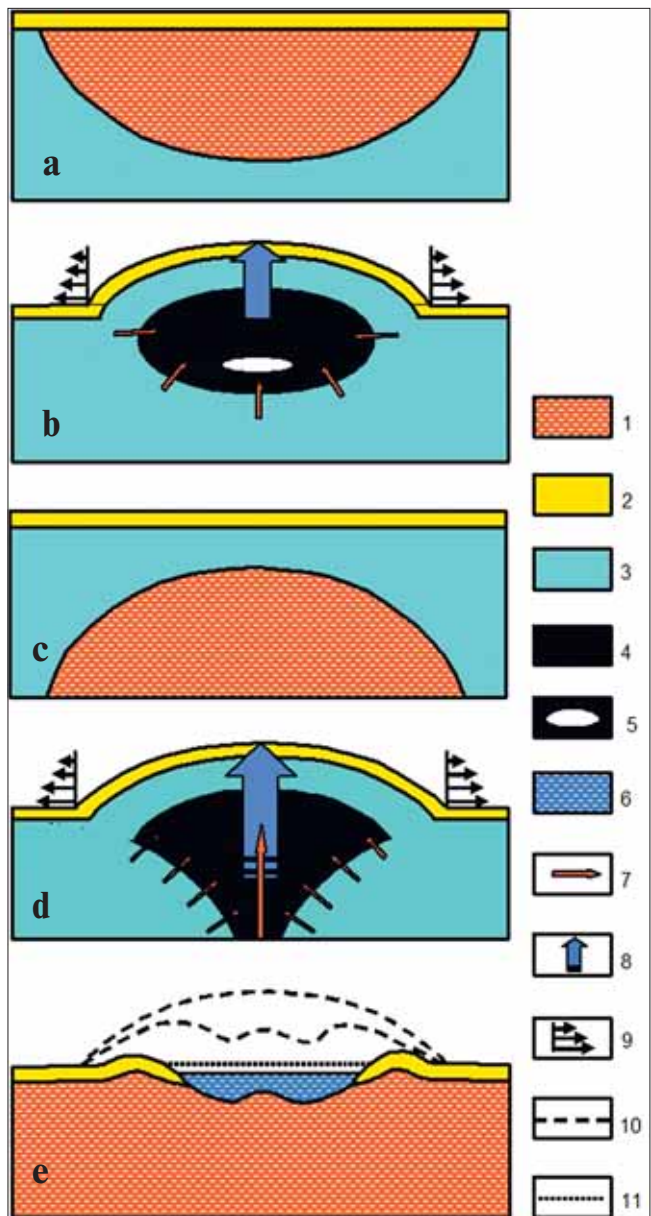
Верхняя часть земной коры разбита сетью многочисленных трещин, разломов, пронизана порами и каналами, закрытыми или открытыми в зависимости от глубины, степени раздробленности и состава горных пород. Обычно зона открытой трещиноватости располагается выше местного базиса эрозии. Она

интенсивно продувается переменными (восходящими или нисходящими) воздушными потоками и промывается инфильтрующимися жидкими атмосферными осадками. Трещины и поры в нижней гидродинамической зоне, как правило, заполнены водой. В случае многолетнего промерзания обе зоны заполняются льдом: в верхней — сублимационным и натечным, в нижней — массивным конжеляционным. При этом промерзшая толща превращается в относительный водоупор (монолит), образуя сложную по конфигурации систему водосодержащих таликов открытого или закрытого типа. Последние в процессе эволюции криолитозоны могут исчезать или формироваться заново, меняясь в размерах, по форме, содержанию и химическому составу воды.

Наибольшее количество полостей образуется в карстующихся карбонатных и соленосных толщах — известняках, доломитах, галогенных породах. В них в процессе осаждения и перерождения осадков формируется сложнейшая сеть каналов, пронизывающая всю толщу. В зоне распространения вечной мерзлоты полости верхней гидродинамической зоны наполняются льдом периодически, стенки их полностью или частично промерзают, растрескиваются, обрушиваются; в нижней зоне лед полностью занимает пещеры и соединяющие их ходы. В качестве примера укажем на крупнейшую в Забайкалье пещеру Хэтэй, описанную еще в 1735 г. знаменитым исследователем Сибири немецким естествоиспытателем Иоганном Гмелиным. Над ее входом возвышается холм, очень похожий на булгуннях. В периоды похолодания пещера могла наполняться водой и полностью про-

Схемы формирования бугров пучения при промерзании открытой (a, b) и закрытой (c, d) криогидрогеологических структур:

- 1 — талые (непромерзающие) водоносные горные породы;
2 — сезонномерзлые и сезоннопротаивающие грунты;
3 — многолетнемерзлые горные породы;
4 — подземный лед;
5 — воздушная полость в толще ледяного ядра;
6 — термокарстовое озеро на месте разрушенного бугра пучения;
7 — направление движения подземных вод при промерзании гидрогеологической структуры;
8 — вектор максимального криогенного пучения грунта и льда;
9 — эпюра скорости движения льдогрунтовой массы крупного бугра пучения;
10 — внешний контур гидролакколита в стадии максимального развития и в период циклического многолетнего промерзания и протаивания грунтов;
11 — уровень воды при максимальном наполнении озерной котловины;
e — посткриогенная структура, сформировавшаяся в результате деградации мерзлых горных пород и разрушения бугра пучения.



мерзать, что, естественно, вызывало дезинтеграцию вмещающих толщ, подъем кровли раздробленных и трещиноватых пород.

Хэтэй — лишь одна из тысяч ледяных полостей, известных в Прибайкалье, Саянах, на Алтае, в Приуралье и других регионах криолитозоны. Чехол осадочных карбонатных пород Сибирской платформы, в центре которого расположился Патомский конус, претерпел все возможные формы спелеогенеза, а в позднем кайнозое подвергся многократному промерзанию и протаиванию. Эволюция этой части территории описана в 2011 г. известным мерзлотоведом и гидрогеологом Сергеем Фотиевым. Опираясь на полученные им данные, можно представить условия возможного формирования Патомского конуса.

К началу первой плиоценовой криогенной эпохи, длившейся всего 20 тыс. лет (~3,1–3,08 млн лет назад), терригенно-карбонатные породы мариинской свиты протерозоя, слагающие конус, уже были закарстованы и раздроблены тектоническими подвижками по доливному разлому, на котором «сидит» кратер. Промерзание осадочно-метаморфической толщи было неглубоким и вряд ли вызвало существенные преобразования водообменных каналов. Однако в последующие эпохи — во вторую плиоценовую (350 тыс. лет) и особенно в третью плиоцен-голоценовую (1,92 млн лет), в течение которых выделено свыше 20 периодов промерзания, такое же количество протаивания и отсутствия вечной мерзлоты, — произошли многократные и мощные изменения структуры гидрогеологического бассейна. В голоцене, во времена очередного глубокого похолодания (около 3500–3000 лет до н.э.), он промерз на большую глубину (предположительно, до кристалли-

ческого фундамента), а в серию дальнейших циклов потепления полностью не протаял, что привело к формированию в массиве горных пород над- и межмерзлотных долинных таликов. В последующие периоды промерзания (~300 лет до н.э., 1500 лет и 300–500 лет от Рождества Христова) водоносный талик на месте Патомского конуса промерзал периодически, возможно, не полностью. При этом происходило разламывание, дробление блоков, выдавливание льдогрунтовой брекчии и отдельных обломков — так на поверхности земли возник бугор пучения.

Нельзя исключить и взрывной процесс, одновременный или многократный, вызванный мгновенной кристаллизацией переохлажденной воды, заключенной во «внутреннем водяном ядре». После взрыва



**Крупнообломочные отложения
на склоне Патомского кратера.**
Фото Ю. Вигеля

выброшенный обломочный материал претерпел долговременную криогенную обработку, вследствие чего на поверхности конуса сформировался покров рыхло сложенных курумообразных* отложений. Наличие котловины, валов и горки на вершине бугра свидетельствует о цикличности процессов протаивания и промерзания выдавленной или выброшенной массы, что подтверждают натурные наблюдения аналогичных структур в разных регионах.

Формирование воронки, кольцевых валов и горки могло происходить также и без протаивания ядра, в процессе растягивающего движения льдогрунтовой массы, подобно тому, как движутся фронтальные уступы каменных глетчеров. Масса конуса, содержащая большое количество внутригрунтового льда, способна к пластическим деформациям (медленному течению), о чем свидетельствуют надвиги обломочного материала на растительный покров у подножия кратера, погребенные остатки деревьев и кустарников, гофрированная и ступенчатая поверхность склонов, депрессионные формы рельефа. Если скорость вертикального перемещения грунтов больше скорости растекания льдогрунтовой массы, бугор растет в высоту, принимая островершинную форму. Если же скорость выброса меньше скорости растягивающего движения, конус становится усеченным, уменьшается по высоте, при этом размеры воронки-провала увеличиваются. Предложенную схему трансформации геологического образования подтверждает, в частности, асимметрия Патомского кратера — склон его, обращенный в долину, вытянут, более пологий по сравнению с противоположным нагорным. В пользу этой

*Курум — каменистые россыпи, нагромождения острых камней, обломки скал (прим. ред.).

идеи говорит также изменение уровня кольцевых валов на вершине.

По наблюдениям Колпакова, в 1949 г. усеченная часть конуса была строго горизонтальной. В 1961 г., согласно данным доктора геолого-минералогических наук Алексея Портнова, обследовавшего объект и опубликовавшего его схематический профиль, внешний склон был заметно ниже нагорного. По данным измерений, проведенным в 2011 г. сотрудниками Института геофизики УрО РАН Иваном Угрюмовым и Дмитрием Демежко, абсолютная высота внешней части вала оказалась на 12 м ниже противоположного края, т.е. плоскость среза конуса в настоящее время наклонена в сторону долины ручья Эксёкюлях.

Как видим, версия криогенного происхождения Патомского кратера вполне состоятельна. Она находится в соответствии не только с теоретическими представлениями о причинах и механизме криогенного движения грунтов, но и с данными экспериментальных и натурных наблюдений. Однако есть другая загадка: почему в бодайбинской тайге обнаружен лишь один конус и почему аналогичных форм рельефа нет в других регионах Сибири, на других континентах?

СКОЛЬКО ГИДРОЛАККОЛИТОВ НА ЗЕМЛЕ?

Мерзлотоведам хорошо известна распространенность аналогов Патомского кратера по арктическому поясу, сложенному рыхлыми четвертичными отложениями. На карте упоминавшегося Росса Маккея нанесено 2000 (!) пинго. На североамериканском побережье насчитывается около 5000 булгуняхов, примерно 25% из них — в дельте реки Маккензи. В Гренландии зафиксировано 1500 многолетних бугров пучения.

Около 200 гидролакколитов обнаружено на дне моря Бофорта. В Евразии их можно встретить не только на равнинах Севера, но и на Земле Франца-Иосифа, в Казахстане, в горах Тянь-Шаня, в Монголии, Тибете, т.е. практически везде, где залегает вечная мерзлота. В Западной Европе зафиксированы сотни разрушившихся бугров пучения типа пинго, оставшихся от периода последнего покровного оледенения.

Есть также основания полагать, что многие курганы-могильники за пределами современной области распространения многолетнемерзлых горных пород (а их, по данным археологов, тысячи) представляют собой не насыпные рукотворные, а естественные образования, приспособленные для древних захоронений и ритуальных отправлений хуннами, скифами, сарматами, саками и другими народами, жившими здесь до нашей эры. Современные степи и даже пустыни Евразийского континента в течение голоцена и значительно ранее (в период до 3 млн лет) неоднократно подвергались глубокому промерзанию, при этом в периоды потепления и последующего нового похолодания на месте спущенных или высохших термокарстовых озер возникали крупные многолетние бугры пучения. На равнинах они выглядели как округлые холмы, возраст которых измеряется сотнями и тысячами лет. С давних пор вокруг них концентрировалась жизнь.

Видимо, большинство курганов-могильников все-таки создано самой природой. Если это так, то становится очевидным, что криогенные образования рассматриваемого типа — не феномены-одиночки, а обычное явление для всех холодных регионов Евразии и Америки.

КОГДА ОБРАЗОВАЛСЯ ПАТОМСКИЙ КРАТЕР?

Первооткрыватель Патомского кратера Колпаков оценил возраст в 50–200 лет. Анализ спилов деревьев, произведенный в 1963 г. сотрудниками экспедиции Сибирской комиссии по метеоритам и космической пыли, указывает другие цифры: не менее 250–300 лет. По данным дендролога Виктора Воронина (2006 г.), эта цифра увеличилась на 100–150 лет. Теперь считают доказанным, что бугор возник ~450–500 лет назад, причем слово «не менее» часто опускают. Так ли «молодо» природное образование?

Курган покрыт большими, хаотически сложенными обломками известняка, кристаллических сланцев и песчаников. Местами видны крупные, разноориентированные блоки, разваливающиеся «на глазах». Некоторые удаленные друг от друга обломки еще недавно составляли одно целое — их нетрудно соединить. Сведения о проходке шурфов, посредством которых можно было бы установить строение покровных отложений и состав ядра, отсутствуют. Имеется лишь одно указание на выработку глубиной 1,8 м у подножия конуса с восточной стороны. В забое выемки зафиксирована верхняя граница мерзлоты, в толще раздробленных горных пород обнаружено погибшее дерево. В выемке — обильный приток воды, что не позволило

углубить шурф. Нет сведений и о попытках выяснить внутреннее строение конуса посредством бурения.

По наблюдениям новокузнецких исследователей Зинаиды Кротовой и Юрия Кандыбы, участвовавших в 1961 г. в экспедиции на Патомский конус, часть серповидного вала в кратере была «густо покрыта растительностью (лиственница, пихта, кустарник, лишайники). Возраст этих деревьев до 100 лет». Куда исчезла «лесная опушка» — неизвестно. На современных фотографиях видны лишь единичные стволы деревьев, а поверхность конуса выглядит как типичный курум — разновидность криогенных склоновых отложений, распространенная в гольцовом поясе гор Сибири, Чукотки, Урала и других регионов криолитозоны. Обычно нижняя часть курумов представлена постепенно измельчающимися фракциями рыхлых горных пород, вплоть до дресвы. Причем мелкозем, в том числе гумус — животворная часть почвы — выносятся потоками надмерзлотных вод за пределы криогенных отложений. Весной, в период снеготаяния, курум наполняется льдом, вследствие чего происходят подвижки, вымораживание обломков, их сортировка, в итоге вся масса льдогрунта медленно сползает вниз по склону. Вот почему на поверхности курумов отсутствует растительный покров.

В естественных условиях процесс курумообразования особенно активно протекает в периоды похолодания, но ярко проявляется и в современную климатическую фазу — все зависит от состава пород и гидротермических условий криогипергенеза. Определить, сколько лет курумам, на современном этапе сложно, так как они сплошным чехлом покрывают горные массивы разного состава и возраста — от архея до четвертичных вулканических формаций.

Согласно геокриологической летописи доктора геолого-минералогических наук Сергея Фотиева (Институт криосферы Земли СО РАН), курумы возникли, видимо, в течение позднего кайнозоя (3,1–0,0 млн лет назад). А это значит, что Патомский конус мог появиться в любой «момент» указанного периода и существовать многие тысячи лет. И действительно, возраст некоторых гидролакколитов на побережье Северной Америки оценивают в пределах 4–7 тыс. лет, причем период их формирования растягивался на тысячи лет. Радиоуглеродный анализ торфа, перекрывающего булгуниях высотой 17 м в долине реки Евояхи на севере Западно-Сибирской равнины, показал: бугор начал расти 5000 лет назад и продолжал увеличиваться в объеме со скоростью 2–3 см/год в течение 2500 лет. Однако для окончательного вывода о происхождении, времени формирования и развития Патомского конуса необходимы специальные мерзлотно-гидрогеологические, геотермические, геофизические и другие исследования.

Иллюстрации предоставлены автором

ЛИКИ ДРЕВНЕЙ СИБИРИ

Эдуард КИРГИНЕКОВ,
старший научный сотрудник ГАУК «Хакасский национальный
краеведческий музей им. Л.Р. Кызласова»
(Республика Хакасия, г. Абакан);
Сергей НАРЫЛКОВ, публицист

**Менялись времена, возникали и погибали
империи и государства Евразии, исчезали с мировой арены
целые народы, но Хакасия, окруженная
с востока, юга и запада горами Саян и Кузнецкого Алатау,
непроходимыми таежными массивами
и многочисленными реками, бережно сохранила до наших дней
свою уникальную древнюю культуру.**

«АРХЕОЛОГИЧЕСКАЯ МЕККА СИБИРИ»

Отметим, Хакасско-Минусинская котловина, расположенная в бассейне среднего Енисея, представляет собой уникальный историко-географический феномен. С одной стороны, она является неотъемлемой частью Великой степи*, поэтому сюда доходили все достижения человечества. С другой — она настолько изолирована, что не подвергалась случайным посторонним воздействиям, и у нее всегда был собственный путь развития. Иногда ее даже называют «археологической Меккой Сибири» или «музеем под открытым небом», ведь многочисленные курганы и высокие каменные стелы в степи стали частью культурно-исторического хакасского ландшафта.

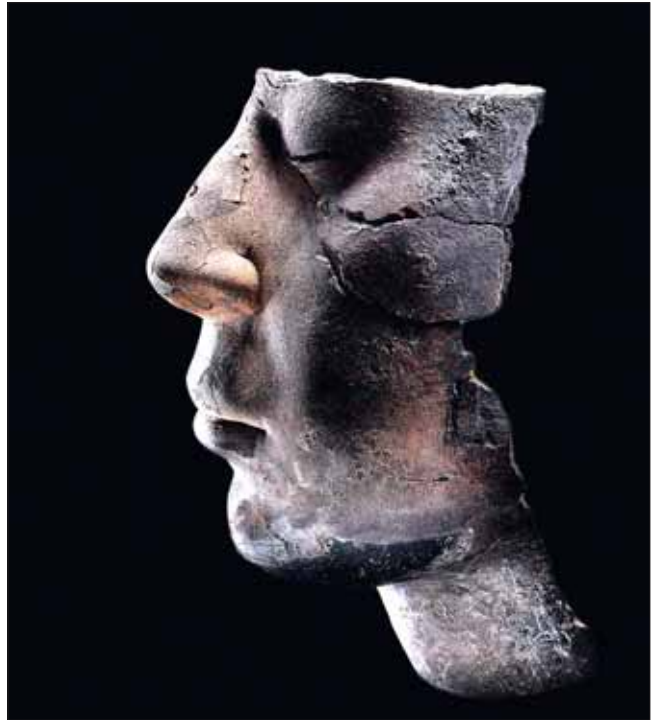
В начале нашей эры в Хакасии появляются новые технологии, меняются быт и религиозные представ-

ления. Казалось, столь резкие изменения уклада народной жизни повлекут за собой конфликты и войны, но историки отмечают: в I–V вв. н.э. происходит органичное слияние разных культурных традиций, в ходе которого рождается новая, получившая название «таштыкская археологическая культура».

Китайские письменные источники сохранили сведения о далекой и богатой стране, простирающейся к северу от Китая. Археологические памятники того времени демонстрируют высокий уровень искусства, ремесла, религии и торговли. Население в то время говорило на самодийских, угорских и, вероятно, кетских языках, но господствующим уже тогда стал тюркский. Он и послужил основой для современного хакасского языка. Антропологи же, в свою очередь, установили: именно в то время на основе полиэтнического (неоднородного) населения начинается формирование антропологический облик современных хакасов. В китайских летописях отмечено: население этой

*Великая степь — обобщенное название природного региона, занимающего центральную часть Евразии (прим. ред.).

Маска из Хакасского национального краеведческого музея им. Л.Р. Кызласова (г. Абакан). Хакасия, Аскизский район, Сырский чаатас (с хакасского «камень войны»). Раскопки профессора Л.Р. Кызласова, 1950 г.



Маска из Хакасского национального краеведческого музея им. Л.Р. Кызласова (г. Абакан). Хакасия, Аскизский район, Сырский чаатас. Раскопки профессора Л.Р. Кызласова, 1950 г.

далекой северной страны имеет «рыжие волосы, румяное лицо и голубые глаза», но вместе с тем встречаются и брюнеты с карими глазами. Известный советский антрополог, сотрудник Института этнографии АН СССР доктор биологических наук Георгий Дебец (1905–1969) отмечал: «...в общем таштыкские маски представляют смешение европеоидных и монголоидных черт, напоминая больше всего шорцев и хакасов. Впрочем, среди последних удельный вес монголоидного компонента, по-видимому, несколько больше». А уже в наше время, в 2007 г., заведующий Сибирским зоологическим музеем Института систематики и экологии животных СО РАН, профессор кафедры ботаники и экологии Новосибирского государственного педагогического университета Вячеслав Мордкович в своих этно-экологических очерках «Сибирь в перекрестке веков, земель и народов» (2007 г.) также выделяет интересный факт, что «среди них (современных хакасов) до сих пор нет-нет, да и рождаются белокожие, голубоглазые, а то — и рыжие отпрыски».

Как же выглядели древние люди таштыкской эпохи? На кого они были похожи? Это один из самых

интригующих вопросов современной истории Сибири. Увы, очень немногие цивилизации мира донесли до нас изображения своих далеких предков. Однако благодаря трудам современных археологов и историков, а также творениям древних художников и скульпторов таштыкской эпохи, несомненно, Хакасия в этом смысле — регион действительно особенный, ведь многое мы можем узнать и понять об этом древнем народе и укладе его жизни именно благодаря сохранившимся с тех давних пор маскам, а точнее — погребальным маскам.

Как известно, погребальные маски археологи находят в египетских пирамидах, в шахтовых гробницах Микен*, в ступенчатых усыпальницах Мексики и Перу, в гробницах древнего Китая и в курганах Причерноморья России. Обычно мастера изготавливали маски из золота и нефрита, из терракоты (цветной пористой глины) и гипса, воска и глины, дерева и ткани. Маски изготавливались из золота и

*Микены — древний город в Арголиде, один из центров микенской культуры, позднее — греческой цивилизации. В настоящее время находится в руинах (прим. ред.).



Маска из Хакасского национального краеведческого музея им. Л.Р. Кызласова (г. Абакан). Хакасия, Аскизский район, Сырский чаатас. Раскопки профессора Л.Р. Кызласова, 1950 г.

Маска из Хакасского национального краеведческого музея им. Л.Р. Кызласова (г. Абакан). Хакасия, Аскизский район, Сырский чаатас. Раскопки профессора Л.Р. Кызласова, 1950 г.



нефрита, из терракоты и гипса, воска и глины, дерева и тканей.

А что же представляют собой интересующие нас «таштыкские маски»?

«ТАШТЫКСКИЕ МАСКИ»

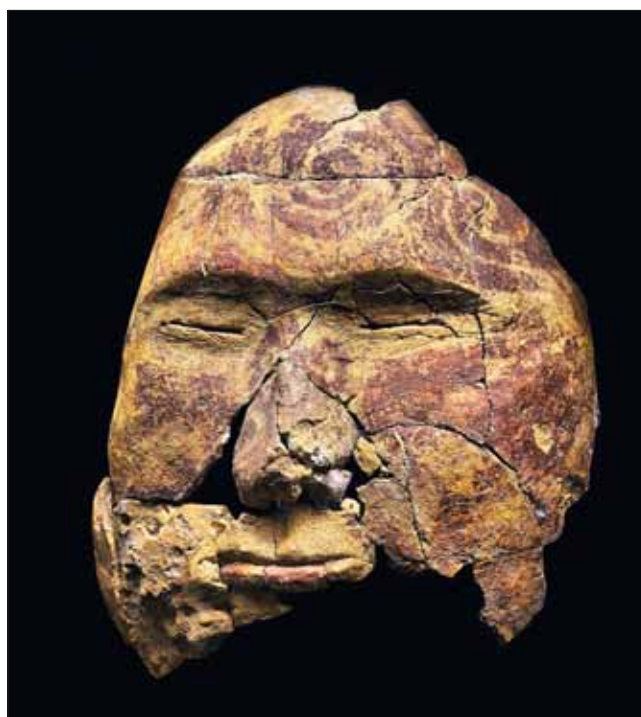
О погребальных масках Хакасии в 1954 г. видный отечественный исследователь археологических памятников Сибири и Центральной Азии, заведующая отделом полевых исследований Института археологии АН СССР Лидия Евтюхова (1903–1974) писала: «Государственный исторический музей в Москве, Минусинский и Абаканский музеи в Южной Сибири обладают ценнейшими «портретными галереями» предков современных обитателей Минусинской котловины». У древних жителей Хакасии сформировалось особое философское и религиозное мировоззрение о душе, о жизни и смерти человека. В основе его был заложен «культ предка-героя» и «культ огня» как посредника между богами верхнего и среднего мира, поскольку огню приписывались очищающие функции. Для умерших сородичей таштыкцы изготавливали специальные гипсовые урны, которые внешне

напоминали лицо или бюст усопшего. В современной исторической науке эти гипсовые лицевые бюсты-урны называют «таштыкскими масками», хотя слово «маска» не совсем верно отражает смысл данного археологического артефакта.

Между тем, развивая нашу мысль, важно указать: покойных таштыкцы сжигали на дровяных кладках, чтобы вместе с дымом огня дух человека возносился к Небу. После этого оставшийся прах собирали в мешочки и помещали в ритуальные куклы-манекены размерами в натуральную величину человека. Их изготавливали из одежды, набитой травой. Хоронили такие манекены в грунтовых могилах или в деревянном склепе, находящемся внутри кургана, обнесенного каменной оградой. В склепе на полотах (специальных лежанках) укладывали манекены, затем на их головы накладывали маски и рядом размещали ритуальные предметы.

«Погребальные маски делались из белой гипсовидной терракоты смешанного состава, куда входили каолиновые глины, найденные ныне по р. Абакану и левому берегу Енисея. Способы изготовления и назначения их различны в разное время...Совершен-

Маска из Хакасского национального краеведческого музея им. Л.Р. Кызласова (г. Абакан). Хакасия, Богградский район. Раскопки А.И. Готлиба, 1994 г.



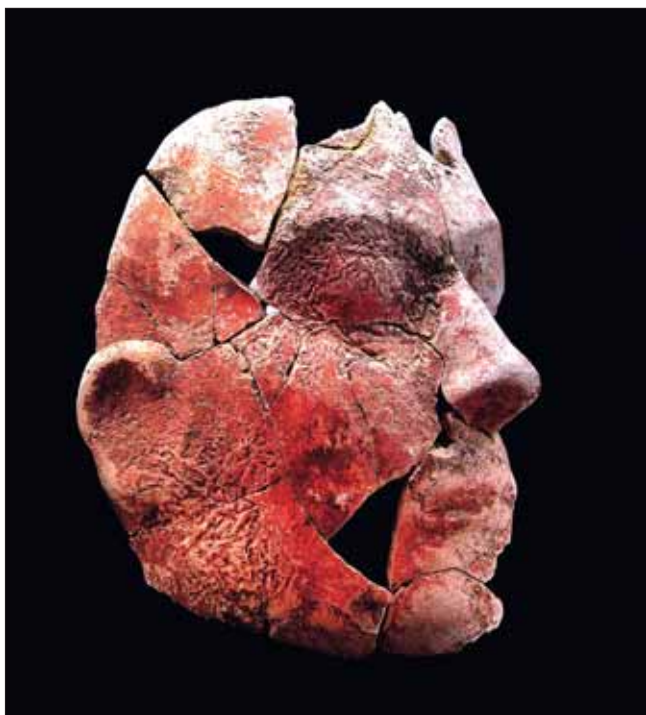
Маска из Хакасского национального краеведческого музея им. Л.Р. Кызласова (г. Абакан). Хакасия, Аскизский район, Сырский чаатас. Раскопки профессора Л.Р. Кызласова, 1950 г.

но очевидно, что такие маски никак не могли изготавливаться механически, в форме» — писал известный российский археолог-востоковед, доктор исторических наук Леонид Кызласов (1924—2007). Маски окрашивали в белый или красный цвет, а сверху расписывали. На белых масках самым характерным орнаментом были красные спирали на лбу, висках и на носу, а щеки и губы подкрашивали красным цветом. В свою очередь, на красные маски наносили горизонтальные линии черного цвета. И помимо красной и черной красок применяли еще голубую и зеленую. По верху самой маски наносили также красочный бордюр; окрашивали уши и нос, обозначали волосы и локоны. На многих скульптурах у темени делали еще и специальный вырез для накладной косы. У других масок верхняя часть лба была обреза-на, словно он был закрыт головным убором. В уши иногда вдевали сережки, для которых заранее были проделаны специальные отверстия. На шее иногда рисовали или вылепливали ожерелья. Через некоторое время склеп с манекенами сжигали вторично, и только после этого обряд погребения считали закончен-ным. Последняя часть ритуала обычно приводила к

повреждению большинства погребальных масок, однако это позднее сыграло положительную роль: часть обломков масок сохранилась до наших дней, так как от огня происходил обжиг глины, из которой их изготавливали.

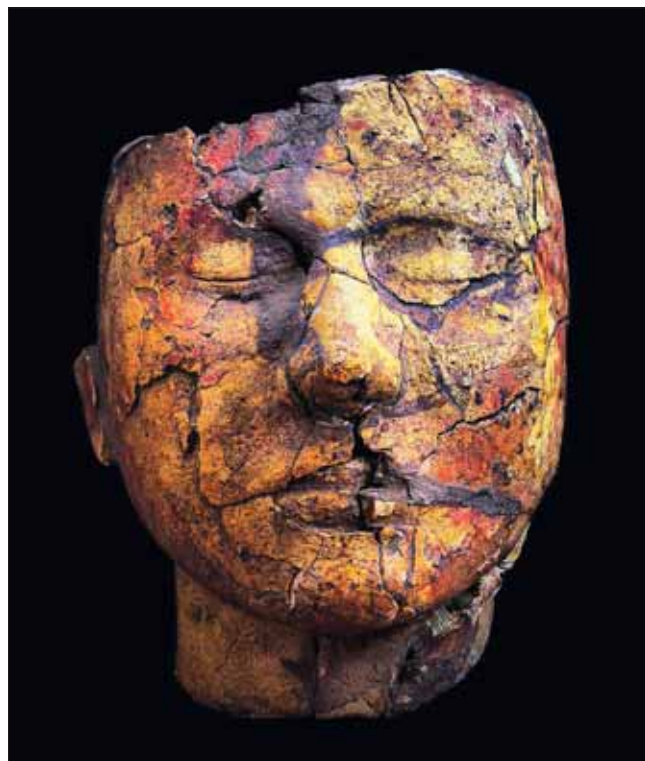
В настоящее время сохранившихся целых масок, обнаруженных археологами, известно немного. Большинство таштыкских масок в музеях представлено фрагментами гипсовых осколков, но мастерство исполнения их так высоко, что можно по разрозненным частям восстановить полный образ человека! Даже эти отдельные фрагменты маски, особенно губы, нос, подбородок, настолько выразительны, что позволяют представить и умозрительно дорисовать образ человека начала нашей эры. Каким же он мог быть при жизни, какой у него мог быть характер, и какая у него могла быть судьба?

Тут возникает еще один вопрос: почему такие маски появились в Сибири только в Хакасско-Минусинской котловине? Если бы это были чисто скифские традиции, то аналогичные маски специалисты обнаружили бы в лесостепной зоне от Байкала до Черного моря, если традиции хуннов, то ареал распростране-



*Маска из Музея археологии ХГУ
им. Н.Ф. Катанова (г. Абакан).
Хакасия, Алтайский район.
Раскопки А.И. Поселянина, 1991 г.*

*Маска из Музея археологии ХГУ
им. Н.Ф. Катанова (г. Абакан).
Хакасия, Алтайский район.
Раскопки А.И. Поселянина, 1991 г.*



ния мог быть еще шире на Запад и на Восток. Одна из возможных разгадок этого феномена, на наш взгляд, заключается в том, что хунны, пришедшие с Востока, впервые появились на берегах Енисея в начале нашей эры и смешались с местным населением, наследниками тагарской археологической культуры Южной Сибири. А при слиянии культур всегда возникают новые обычаи и традиции. Так, в частности, в новом погребальном обряде возник интересный временной интервал, длившийся, вероятно, несколько лет, между первичной кремацией умершего и вторичным сжиганием склепа, где хранились манекены с масками. Таштыкские склепы могли быть родовыми усыпальницами, куда помещали умерших сородичей, и только по мере их заполнения через некоторое время их сжигали. Другие историки считают, что это могло быть обрядом отложенных похорон, согласно которому вторичное сжигание останков проходило через несколько лет на определенную дату или годовщину, или склеп сжигали в определенное время года, например летом, так как сооружение курганов в зимнее время в Сибири являлось весьма трудоемким мероприятием. В этот отрезок

времени, чтобы родные и близкие могли опознать в манекене облик упокоившегося предка, таштыкские мастера-художники создавали специальную маску-портрет, похожую на лицо умершего человека.

ТАШТЫКСКИЕ МАСКИ КАК ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ

Как отмечалось ранее, процесс изготовления масок являлся частью религиозного обряда погребения. И столь сложный ритуал предполагал наличие в таштыкском обществе особых кланов жрецов, художников и скульпторов, занимающихся, в том числе, и ритуальными действиями. В китайской хронике об обычаях енисейских кыргызов VI–X вв. пишется: «Храбрые из них татуируют себе руки, а женщины, по выходе замуж, татуируют себе шею». Археолог Лидия Евтюхова писала: «Будучи замечательным источником для изучения процесса формирования современного населения, погребальные маски из таштыкских могил являются художественными произведениями. Они свидетельствуют о скульптурном искусстве таштыкских мастеров. Большинство масок отливали по форме, снятой с лица умершего, но есть и лепленные

**Маска из Регионального краеведческого музея
им. Н.М. Мартянова (г. Минусинск).
Красноярский край, Минусинский район.
Раскопки профессора С.В. Киселева, 1928 г.**

от руки. Несомненно, что раскраска масок передает татуировку... На соседнем Алтае в описываемое время существовал обычай татуировки тела, изученный советским археологом Сергеем Руденко* по находке в Пазырыкском кургане, сохранившегося в вечной мерзлоте». Об этом же позднее писал Леонид Кызласов: «Узоры передавали татуировки лиц покойных».

Информация о традициях татуировки тела у таштыкцев подтвердилась совсем недавно и, как часто бывает в науке, оказалась счастливой случайностью.

Так, сотрудник Эрмитажа (Санкт-Петербург), кандидат археологических наук Светлана Панкова, изучая в 2002 г. мумии из могильника Хакасии**, заметила на теле блеклый рисунок неясных очертаний. А фотографирование в отраженных инфракрасных лучах показало невидимые глазу татуировки на мумии. Сами же таштыкские мумии обнаружил археолог Леонид Кызласов еще в 1969 г. внутри горной гряды Оглахты. На лицах мумий, скрытых под масками, сохранились кожные покровы. Может быть, там тоже могли сохраниться татуировки? Но снятие масок для проверки этой гипотезы может привести к разрушению как их самих, так и всего того, что находится под ними. Поэтому на сегодняшний день этот интересный вопрос остается для ученых открытым.

Позднее, после описанного нами неожиданного открытия Светланы Панковой сотрудники Эрмитажа, используя метод инфракрасной фотографии, обнаружили еще множество новых татуировок на знаменитых мумиях из Больших Пазырыкских курганов Алтая***. Наиболее же выразительны татуированные рисунки ученые отметили на плечах, спине, ногах и руках и даже на кистях рук, но, к сожалению, на лицах алтайских мумий татуировок археологи так и не обнаружили.

ЭКСПОНИРОВАНИЕ ТАШТЫКСКИХ МАСОК В МУЗЕЯХ СТРАНЫ

Для более глубинного понимания особенностей работы специалистов с таштыкскими погребальными масками кратко рассмотрим два современных метода реконструкции внешности человека, используемых в настоящее время в научной практике России и других стран.

В 2007 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося советского антрополога, археолога и скульптора, доктора исторических наук Михаила



Герасимова (1907–1970), автора метода портретной реконструкции внешности по черепу человека и на основе скелетных останков (так называемого «метода Герасимова»). Как ранее писал сам ученый: «Мои портреты — не произведения искусства. Они произведения науки». Посвященные этому юбилею в 2007–2008 гг. выставки прошли в Москве и Санкт-Петербурге: «Лики наших предков» — в петербургском Музее антропологии и этнографии им. Петра Великого, «Пришедшие из веков» — в московском Государственном биологическом музее им. К.А. Тимирязева и в Дарвиновском музее. На них были представлены десятки работ с внешностью древнего человека, жившего на разных территориях — от Франции до Китая, и в разные эпохи — от неолита до раннего железа (VII в. до н.э. — III в. н.э.).

В 2005 г. в США по заказу ФБР для криминалистов разработали специальную компьютерную программу реконструкции лица человека по черепу или его фрагментам. Создатели использовали базы данных томограммы головы людей разных рас, полов и возрастов. Универсальный алгоритм данной программы исключал при этом влияние личности исследователя на конечный результат получения изображения человека. Тесты показали полное сходство внешнего облика людей с их компьютерными изображениями.

Однако история открытия и исследования таштыкских масок принципиально отличается от современной научной реконструкции внешности человека: их изготавливали древние мастера-художники, современники людей, изображенных непосредственно на этих масках. Таким образом, последние являются результа-

*Сергей Руденко (1885–1969) — российский археолог, антрополог, этнолог и гидролог, член Русского географического и Парижского антропологического обществ (прим. ред.).

**Могильник таштыкской культуры на левом берегу Енисея в Хакасии. Датируется I в. до н.э. — I в. н.э. (прим. ред.).

***Пазырыкскими называют 5 Больших («Царских») курганов, расположенных вблизи села Балыктуоль в урочище Пазырык в Улаганском районе Республики Алтай (прим. ред.).



**Уйбатский чаатас —
комплекс курганов
(III в. до н.э. — VIII в. н.э.)
вблизи поселка Чарков
Усть-Абаканского района
Хакасии.**

том творения древнего скульптора-художника и передают индивидуальные особенности внешнего облика человека, жившего в Сибири в начале нашей эры.

В настоящее время таштыкские маски экспонируются в Государственном Эрмитаже (Санкт-Петербург), Государственном историческом музее и Музее искусств народов Востока (Москва), Минусинском региональном краеведческом музее им. И.М. Мартынова (г. Минусинск), Хакасском национальном краеведческом музее им. Л.Р. Кызласова и Музее Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова (г. Абакан). На основе фотографий масок авторы этой статьи создали передвижную фотовыставку портретов древних людей Южной Сибири под названием «Лики древней Хакасии (Сибири)», которая успешно прошла во многих музеях и галереях России, Финляндии, Индии, Венгрии, Казахстана и Кыргызстана.

Фотографии масок были сняты в технике световой кисти (светографики). Как известно, слово «фотография» означает «рисование светом». Но именно световая кисть придает этому слову буквальное значение. Данная техника — это особый способ фотосъемки, когда объект как бы обрисовывается светом при помощи специальных фонариков с разных углов и сторон. Этот метод широко применяют для художественной фотосъемки, особенно — натюрмортов. В нашем случае это позволило придать фотографиям масок объемное изображение, подчеркнув характерные антропологические особенности черт лица древнего человека. После этого фотографии обрабатывали на компьютере особым методом HDR (High Dynamic Range — повышенный динамический диапазон яркости). Необходимость его применения возникла в связи с тем, что в музеях большинство масок представляют собой обломки керамических черепиц, на поверхности которых через тысячелетнюю сажу и копоть проступают не совсем ясные рисунки и узоры неопределенных цветов и оттенков. А новейший метод HDR позволяет из

всего видимого спектра излучения выявить те цвета краски, которые наносили на маски в древности, усилить их и сделать ярче. Узоры и орнамент на поверхности самой маски в таком случае становятся более четкими на фотографиях. Это позволяет увидеть и представить, как могли бы выглядеть маски тогда, когда их впервые раскрасил древний художник.

Таким образом, представленные снимки таштыкских масок являются художественными фотографиями декоративно-прикладного искусства народов древней Сибири. Обычно в научных статьях и монографиях иллюстрации представлены сухими документальными фотографиями, а высокое мастерство исполнения археологического артефакта, как правило, скрыто схематизмом графического рисунка или фотографии.

Художественная фотография таштыкских масок позволяет увидеть не скупую научную иллюстрацию, а наполненную драматизмом жизнь человека, жившего две тысячи лет назад на территории Южной Сибири. В них можно увидеть лик мудреца, спокойного и умиротворенного, портрет сурового воина или принцессы, полной внутреннего достоинства, или же образ надменного правителя, наделенного неограниченной властью. Многие маски удивительно похожи на лица современных жителей Саяно-Алтая — хакасов, тувинцев, шорцев, алтайцев. И именно с помощью современной цифровой фотографии, как на машине времени, можно перенестись на две тысячи лет назад в древнюю Сибирь и взглянуть в лица далеких предков.

Кстати, люди, представленные на фотографиях таштыкских масок, жили и творили в Сибири в эпоху, синхронную времени зарождения христианства на Земле.

*Иллюстрации предоставлены авторами
Фотограф Б. Долинин*

ДЕТОНАЦИЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ГОРЕНИЮ

Более 100 лет назад после разрушительных взрывов в угольных шахтах ученые, исследующие их причины, обратили внимание на процесс распространения взрывной волны со сверхзвуковой скоростью, сопровождающийся химическими реакциями. Названный впоследствии «детонацией», он рассматривался как вредный, губительный и неуправляемый. Борьба с ним стала основным стимулом интенсивного развития теории детонационного горения, проведения широкого круга физических экспериментов, направленных на организацию процесса и определение способов управления им. По мере накопления знаний негативное отношение к детонации сменилось на желание использовать «разрушительный» потенциал физического явления во благо.

В последние годы зарубежные авиационно-космические организации и компании, в частности Франции, Японии, США и Китая, проявляют повышенный интерес к изучению эффектов и возможностей применения детонационного горения в воздушно-реактивных двигателях разного типа. В нашей стране этими проблемами занимаются в подразделениях Сибирского отделения РАН. В Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, например, исследу-

ют так называемые непрерывные детонационные быстропротекающие процессы, имеющие решающее значение при создании нового типа реактивных двигателей. Об истории развития дисциплины и последних разработках ученых в этой области корреспонденту газеты «Наука в Сибири» Юлии Александровой рассказал заведующий лабораторией динамики гетерогенных систем этого института доктор физико-математических наук Сергей Ждан.

«В настоящее время, — сообщил он, — мы рассматриваем способ детонационного сжигания топлив как альтернативу традиционному, в турбулентном пламени. Он позволит более интенсивно, выгодно и стабильно проводить сжигание разных топлив в камерах меньших габаритов, которые определяются поперечным размером фронта детонационной волны».

Эту тему, заметил Сергей Андреевич, впервые теоретически исследовал более 70 лет назад выдающийся физик, один из основателей современной теории горения, детонации и ударных волн академик Яков Зельдович. Он показал, что с точки зрения термодинамики детонационное горение топливной смеси, при котором фронт детонации распространяется



**Основатель и первый директор
Института гидродинамики СО АН СССР
академик Михаил Лаврентьев (справа)
и доктор физико-математических наук
Богдан Войцеховский.**

быстрее скорости звука, более выгодно, чем дефлаграционное, т.е. протекающее с дозвуковыми скоростями. Однако, несмотря на «революционные» выводы, экспериментальные исследования проблемы начались только 20 лет спустя. Они послужили основой для создания серии пульсирующих детонационных авиационных двигателей.

Принцип их работы заключается в следующем: в камеру сгорания поступает топливная смесь, затем происходит ее инициирование, распространение детонационной волны вдоль камеры и после — истечение продуктов горения, которые выполняют механическую работу. Затем цикл повторяется. Недостаток такой технологии заключается в относительно малом количестве пульсаций в единицу времени (частоте повторения циклов). Увеличение же этого показателя усложняет конструкцию двигателя. К тому же такая силовая установка работает шумно, причем подача топлива должна быть дозированной для инициирования каждого цикла детонации. Иное дело непрерывный спиновой (вращающийся) детонационный процесс, когда реализована возможность постоянной незатухающей детонации топливной смеси в кольцевой камере сгорания.

Как отметил Сергей Ждан, впервые тонкую структуру явления спиновой детонации в газах зарегистрировал в 1957 г. выдающийся ученый-механик, физик и конструктор академик Богдан Войцеховский, работавший в то время в новосибирском Институте гидродинамики СО АН СССР. Благодаря фоторегистратору собственного изобретения ему удалось сфотографировать и расшифровать неоднородную

структуру фронта спиновой детонационной волны, движущейся по ударной трубе в топливной смеси. В отличие от плоской, в спиновой детонации возникает единственная поперечная ударная волна, за которой следует слой непрореагировавшего нагретого газа, а затем зона химической реакции. Такая волна движется вдоль круглой ударной трубы со скоростью детонации по спирали. В дальнейшем ученый усовершенствовал метод оптической съемки и создал модель спиновой детонации, объясняющую многие особенности и закономерности явления, что имело огромный практический интерес для науки.

Войцеховский предложил, используя аналогию со спиновой детонацией, реализовать в специальных кольцевых камерах непрерывное сжигание горючей смеси во вращающихся детонационных волнах и сам успешно провел первые эксперименты (1959 г.). Работы ученого и его коллег в этой области были удостоены Ленинской премии (1965 г.) и отмечены двумя открытиями (совместно с сотрудниками Института химической физики СО АН СССР).

Под непосредственным руководством Войцеховского начал блестящую карьеру исследователя и инженера, продолжавшуюся более сорока лет, доктор физико-математических наук Владислав Митрофанов (1935–2001), прошедший в стенах Института гидродинамики СО АН СССР путь от лаборанта до заведующего лабораторией динамики гетерогенных систем и руководителя отдела быстропротекающих процессов.

Первый цикл работ Митрофанова связан с открытиями неустойчивости фронта и расщепления волны

**Заведующий лабораторией динамики гетерогенных систем
отдела быстротекущих процессов
Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
Сергей Ждан, главный научный сотрудник Федор Быковский
и ведущий инженер Евгений Ведерников.**
Фото В. Новикова

газовой детонации, детальным исследованием обнаруженных ранее ячеистых структур, построением теоретических схем поперечных волн. Он первым получил фотоснимки таких структур внутри труб разного диаметра и показал независимость их образования от стенок, подтвердил, что детонационные ячейки формируются встречным движением поперечных волн. Митрофанов, по сути, развил и уточнил концепцию Войцеховского о поперечной волне и ее роли в механизме детонационного сгорания газов. Работы ученого получили широкое признание в стране и за рубежом, они дали толчок новым широкомасштабным исследованиям и оказались практически важными для определения критических условий возбуждения и распространения взрыва в газообразных средах. А это имело прямое отношение к вопросам безопасности транспортировки больших количеств горючих веществ, возникновения аварийных ситуаций на производстве, в быту, угольных шахтах.

Полученные в перспективной области знания послужили также основой для создания в 1980-х годах установок детонационного напыления. Экономический эффект от их внедрения на предприятиях только одного Министерства авиационной промышленности составлял ~15 млн руб. в год — колоссальная по тем временам сумма. Дальнейшее изучение процесса дало толчок к использованию свойств детонационных волн в других, более масштабных созидательных целях — для интенсификации сжигания топлива в реактивных двигателях.

Творческие наработки Митрофанова продолжили его коллеги. В настоящее время в связи с интенсивным развитием компьютерной техники, сказал в интервью газете «Наука в Сибири» Сергей Ждан, особую актуальность приобретает вычислительный эксперимент, основанный на численном моделировании процесса непрерывной спиновой детонации газовых и гетерогенных систем. Он помогает глубже понять результаты натурных испытаний, дает возможность сопоставлять их с теорией и на основе этого выстраивать верную физическую интерпретацию.

«На данный момент, — сообщил Ждан, — мы считаем, что фундаментальные научные основы быстротекущего процесса непрерывной детонации заложены. И есть надежда, что на принципе непрерывной спиновой детонации будут создавать двигатели различного назначения. Ведь коэффициент полезного действия здесь выше, чем при горении. А раз КПД больше, значит, и работа, совершаемая продуктами детонации, тоже должна быть больше. При сжигании одинакового количества топлива вы сможете увеличивать эффективность сжигания



горючего. То есть при фиксированном количестве топлива на борту увеличивается тяга двигателя, или уменьшаются его размеры, или аппарат летит на более дальние расстояния. Вот что такое попытка увеличения КПД».

В минувшем году Ждан в соавторстве с доктором технических наук Федором Быковским опубликовал монографию «Непрерывная спиновая детонация», в которой представлены итоги многолетних экспериментальных и численных исследований детонационного сгорания широкого класса топлив для дальнейшего практического использования в двигателях и энергетических установках. Как термодинамически более выгодное, оно не везде может заменить традиционное турбулентное горение, замечают авторы. Но там, где необходимо быстро и интенсивно сжигать топливо в малых габаритах устройства при меньшей теплонапряженности стенок, детонационное горение может найти достойное применение.

Александрова Ю. Просто продолжать работать. — Газета «Наука в Сибири», 2014, № 5

Иллюстрации с сайта СО РАН

Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА

РОССИЯ В ОГНЕ

Доктор исторических наук Сергей БАЗАНОВ,
Институт российской истории РАН (Москва)

**Согласно Федеральному закону, подписанному в 2012 г.
Президентом РФ Владимиром Путиным, 1 августа мы отмечаем
День памяти российских воинов, погибших в Первой мировой войне 1914–1918 гг.
В нынешнем 2014 г., когда исполняется 100 лет с ее начала,
по всей стране проходит множество мероприятий,
посвященных знаменательной дате, — научных форумов и выставок,
открытие монумента героям и павшим воинам в Москве на Поклонной горе,
музея «Россия в Великой войне» в Санкт-Петербурге.
Цель этих акций — напомнить нашему обществу о тех страницах истории.**

Пятнадцатого июня 1914 г. в боснийском городе Сараево член националистической группировки «Млада Босна» Гаврило Принцип смертельно ранил из бельгийского полуавтоматического пистолета наследника венского престола эрцгерцога Франца Фердинанда, прибывшего туда на маневры. Правительство Австро-Венгрии (под давлением Германии) направило Сербии, чьим подданным являлся террорист, ультиматум, унизительные условия которого та не приняла, а через месяц после «сараевского убийства» объявило ей войну.

Реакцией России на такой поворот событий стало объявление мобилизации. Берлинское руководство (заранее начавшее тайную подготовку к войне и сосредоточение войск вдоль своих границ) в жесткой

форме потребовало ее прекратить, что было попыткой грубого вмешательства во внутренние дела великой державы. Не получив ответа на свой ультиматум, Германия 19 июля (а спустя четыре дня, не без ее нажима, и Австро-Венгрия) объявила войну России, 21 июля — Франции, затем Бельгии. Тогда на нашей стороне выступила Англия и вслед за ней Черногория. Всего впервые в истории в противоборство было вовлечено беспрецедентное число государств — 38. Главными же его «движущими силами» стали две группировки: Антанта (Россия, Франция, Великобритания, США и др.) и Четверной союз (Германия, Австро-Венгрия, Турция и Болгария).

Будучи инициатором войны, Германия стремилась отторгнуть входившие в состав России часть Польши,



Марфа Малько (в центре): под видом мужчины она сражалась против немцев вместе с мужем. 1915 г.

Августейшие братья по оружию (слева направо): российский император Николай II, король Великобритании Георг V, король Бельгии Альберт I. Фото из журнала «Нива». 1914 г.

Украину, Прибалтику и совместно с Австро-Венгрией утвердиться на Балканах. Идейное же обоснование участия нашей страны в европейском вооруженном конфликте отражено в манифестах императора Николая II от 20 и 26 июля 1914 г.: защита территории, чести, достоинства Родины, ее положения среди великих держав, коренных интересов народа и национальных святынь от посягательств других государств, помощь братьям-славянам.

Народ России встретил войну, официально названную Великой, с единодушным патриотическим порывом. Повсюду проходили молебны «о даровании победы над вероломным и коварным врагом», шествия и манифестации, особенно мощные в Санкт-Петербурге и Москве. К тому же на страницах газет и журналов в те дни очень часто проводилась параллель с Отечественной войной 1812 года*, 100-летний юбилей победы

в которой с большим размахом отметили двумя годами ранее, в 1912 г.

Всплеск патриотизма осенью 1914 г. выражался не только в словах, но и в готовности к самопожертвованию. Достаточно напомнить, что первая из 19 мобилизаций военного времени не просто прошла успешно, быстро и планомерно (явка призывников была почти 100%-ной), но и породила мощное добровольческое движение, охватившее даже часть молодежи, получившей отсрочку от призыва. Записывались в армию и рабочие, имевшие бронь на оборонных заводах, и студенты, представители интеллигенции. Среди них были, например, писатели Александр Куприн, Викентий Вересаев, поэт Николай Гумилев. Находившиеся в ссылке революционеры также подавали прошения местным властям о желании вступить в ряды защитников Родины.

В разных уголках страны развернулось и женское добровольческое движение. Яркий пример тому —

*См.: Г. Герасимова, М. Прохоров. Здесь решалась судьба Москвы. — Наука в России, 2010, № 2 (прим. ред.).



**Прославленная русская балерина начала XX в.
Ида Рубинштейн ухаживает за ранеными
в госпитале в Париже. 1915 г.**

**Выдающийся полководец
Алексей Брусилов. 1914–1917 гг.**

история сибирской крестьянки Марии Бочкаревой, решившей уйти солдатом на фронт. Прибыв на сборный пункт, она попросила зачислить ее вольноопределяющимся, но получила отказ, так как представительниц слабого пола в армию не брали. Тогда храбрая девушка послала телеграмму (поскольку не умела писать) самому Николаю II и вскоре получила высочайшее разрешение вступить в ряды защитников Отечества. Она прошла всю войну, была четыре раза ранена, стала полным Георгиевским кавалером и дослужилась до чина поручика, а в 1917 г. стала организатором женских ударных батальонов.

Еще одна женщина, о которой тогда узнала вся Россия, — повторившая подвиг героини Отечественной войны 1812 года Надежды Дуровой вятская крестьянка Антонина Пальшина. С 1914 г. она доблестно воевала под видом мужчины, стала Георгиевским кавалером, получила звание младшего унтер-офицера и только летом 1917 г., после очередного тяжелого ранения, покинула действующую армию.

Императрица Александра Федоровна, ее четыре дочери работали медицинскими сестрами в Царскосельском госпитале. Великая княжна Ольга Александровна на свои средства оборудовала госпиталь, где служила сестрой милосердия. Их патриотическому примеру последовали другие представительницы знатных родов, а также прочих сословий, поступившие в полевые госпитали медицинскими сестрами, сиделками, санитарками.

Активно действовало Российское общество Красного Креста, занимавшееся организацией в действующей армии полевых госпиталей. Кроме того, в первые дни войны был образован Всероссийский союз помощи раненым, затем Всероссийский городской союз, в июле 1915 г. слившиеся в Союз земств и городов. В короткий срок развернулась деятельность добровольного Общества помощи жертвам войны, Союза Георгиевских кавалеров, Комитета по оказанию помощи семьям лиц, призванных на войну, Комитета «Книга — солдату» и многих других общественных организаций. Благотворительные мероприятия проводили также работники почты, телеграфа, пожарные, художники, артисты и др.

Возможность помочь ближнему, убедить его в исторической неизбежности происходящего, вселить уверенность в победе над врагом привлекла внимание крупнейших отечественных живописцев и графиков (в их числе были Аполлинарий и Виктор Васнецовы, Константин Коровин, Леонид Пастернак) к массовым видам искусства — журнальной графике, карикатуре, лубку, плакату, художественной почтовой открытке. Не отставали от них театр и кинематограф, в репертуаре которых стала преобладать патриотическая тематика. Словом, все слои российского общества встретили грозную годину с решимостью встать на защиту Родины.

Однако вооруженные силы и экономика страны в целом не были готовы к столь стремительно начав-

На привале. 1914–1916 гг.



Пехота готовится к атаке. 1914–1916 гг.

шейся войне. Лишь героизм, самопожертвование солдат и офицеров в значительной степени свели к минимуму фактор внезапности. Впрочем, печальный опыт Русско-японской войны 1904–1905 гг. (закончившейся не в нашу пользу), в том числе осознание необходимости в мирное время тщательно готовиться к возможным вооруженным конфликтам, заставил царское правительство принять ряд мер по улучшению комплектования, боевой подготовки, централизации высшего управления армии и улучшения ее технического оснащения. Например, в 1909–1912 гг. ввели усовершенствованные программы для военных училищ, новые уставы и наставления, что значительно улучшило обучение войск, в 1912 г. — новый закон о воинской повинности, позволивший призывать большее число новобранцев. Но многие намеченные мероприятия осуществить не удалось, так как темпы этой работы были весьма низкими. По расчетам Генерального штаба, наша страна смогла бы успешно вести крупномасштабные боевые действия в лучшем случае в 1917–

1919 гг. Однако уже в 1914 г. ей было суждено играть одну из главных ролей на европейском театре военных действий.

Россия сформировала из своих вооруженных сил два фронта. Северо-Западный (против Германии) в августе 1914 г. развернул Восточно-Прусскую операцию*, начавшуюся вполне благополучно, но из-за ошибок высшего командования и ряда других причин закончившуюся неудачей. Значительная часть задействованных в ней корпусов понесла большие потери, а командующий 2-й армией генерал Александр Самсонов, по версии большинства исследователей, застрелился. Тем не менее нельзя преуменьшать стратегический итог этого неудавшегося наступления: противник вынужден был перебросить сюда войска с Западного (французского) фронта, что ослабило там его группировку и позволило союзникам сдержать удар немцев в битве на реке Марне.

*См.: А. Макарычев. От Кёнигсберга до Калининграда. — Наука в России, 2014, № 3 (прим. ред.).



Прибытие в Брест-Литовск советской делегации для мирных переговоров с противником. 1917 г.

Почти одновременно с боями в Восточной Пруссии началась Галицийская битва войск Юго-Западного фронта (против Австро-Венгрии), одна из крупнейших в Первой мировой войне, закончившаяся 8 сентября 1914 г. блестящей победой русского оружия. А осенью Верховное главнокомандование создало третий — Кавказский — фронт: турецкие корабли подвергли артиллерийскому обстрелу ряд наших черноморских портов, и в ответ государства Антанты объявили Османской империи войну. Таким образом, в 1914 г. наша страна успешно противостояла трем державам, оттягивая на себя около половины сил германского блока, и развеяла его надежды на молниеносную победоносную войну.

Между тем к концу первого года войны стала скапливаться проблема кадрового состава действующей армии. Дело в том, что сначала боевые действия вели профессиональные, хорошо обученные полки и дивизии, но кампания 1914 г. была маневренная и состояла из множества крупных сражений, в связи с чем потери, особенно среди офицеров и унтер-офицеров, оказались немалыми. Конечно, на фронт еженедельно прибывали все новые маршевые роты, однако они состояли из неподготовленных запасников. К этой проблеме добавился снарядный и патронный «голод», не хватало артиллерии, особенно тяжелой, авиапарк также сильно изнашивался, остро встал вопрос с амуницией, продовольствием, а железнодорожный транспорт едва справлялся с перевозками.

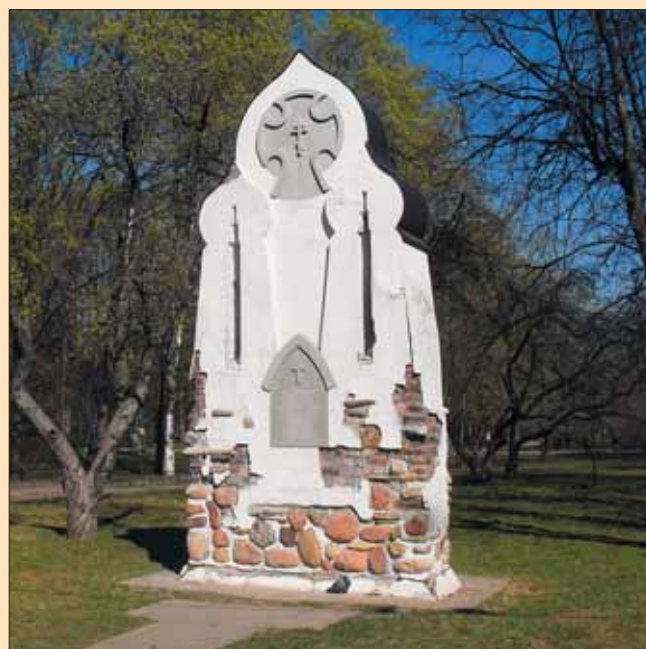
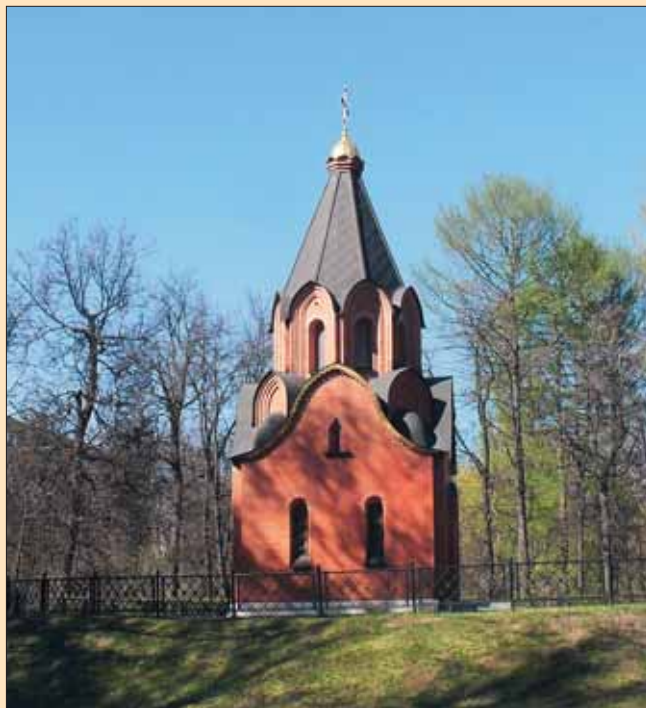
В кампании 1915 г. немецкое командование, несмотря на провал стратегии блицкрига, все еще лелеяло надежды на быструю победу. Поскольку на Западном (французском) фронте наблюдалось временное затишье, противник решил перейти там к стратегической обороне, а главный удар обрушить на Восточный (русский). Целью такого плана было вывести нашу страну из войны, заставить заключить выгодный для

Германии мир, а затем всеми силами обрушиться на ее союзников.

Между тем русское командование подготовило масштабное наступление с целью вторжения на Венгерскую равнину. Ведя встречные сражения с противником, армии Юго-Западного фронта медленно продвигались вперед и после 4-месячной осады 9 марта 1915 г. овладели мощной австро-венгерской крепостью Перемышль (ныне Пшемьсль, Польша). Однако после дальнейших тяжелых безрезультатных боев, сопровождавшихся огромными потерями и выявивших острую нехватку боеприпасов, наше военное руководство отдало приказ войскам закрепиться на достигнутом рубеже. Надо отметить, что эта операция, получившая название Карпатской, стала тогда одной из самых кровопролитных в Восточной Европе, но ни одна из противоборствующих сторон не достигла желаемых результатов.

Следующими шагами Германии, по-прежнему стремившейся вывести Россию из войны, стал Горлицкий прорыв*, а затем наступление в районе Варшавы, что вынудило наши войска оставить Галицию (ныне Украина) и Польшу. В итоге они закрепились на линии Рига—Двинск—Дубно, однако не были уничтожены, как того добивался противник. Сосредоточив 54% своих сил в Восточной Европе, он овладел здесь значительными территориями, разгромил Сербию и в целом одержал победу в кампании 1915 г. Но основной ход войны не изменился, она затягивалась, что было не в пользу неприятеля, поскольку его ресурсы значительно уступали имевшимся у стран Антанты. К тому же в тот год расширилась география европейского вооруженного конфликта: в его орбиту были вовлечены Болгария на стороне Четверного союза и Италия — на противоборствующей.

*Горлицкий прорыв — наступательная операция австро-германских войск в Южной Польше в 1915 г. (прим. ред.).



**Мемориально-парковый комплекс
героев Первой мировой войны
(бывшее московское городское братское кладбище).**

В 1916 г., как и в предыдущих, германский блок продолжал боевые действия на обоих фронтах — Западном и Восточном, что означало для него войну на истощение. Относительное затишье, установившееся на первом, Англия и Франция использовали для наращивания своего военно-экономического потенциала. В России, несмотря на трудную для нее кампанию 1915 г., оборонная отрасль также достигла значительных успехов, чему немало способствовали военно-промышленные комитеты — общественные организации, созданные для поддержки усилий правительства по мобилизации производственных мощностей в интересах действующей армии под лозунгом «Все для фронта, все для победы!». В результате снабжение наших войск вооружением, боеприпасами и снаряжением заметно улучшилось.

1916 г. стал для России победоносным: в мае—сентябре ее войска провели одну из крупнейших операций Первой мировой войны — Наступление Юго-Западного фронта, иначе Брусиловский прорыв (по имени возглавившего его выдающегося полководца), ставший крупным достижением военного искусства*. В отличие от принятых тогда методов, диктовавших начинать атаку в одном пункте, сосредоточив там максимальное количество войск и артиллерии, главнокомандующий фронтом Алексей Брусилов решил нанести удар одновременно в четырех (на Луцк, Золочев,

Станислав и Коломыю; ныне Западная Украина). Цель такого плана — рассредоточить внимание, силы и средства неприятеля, не дать ему сманеврировать резервами (а его части, оказавшиеся в зонах между указанными направлениями, неминуемо отступят под угрозой попасть в окружение или сдадутся в плен). В результате австро-венгерский фронт, противостоящий нашим армиям, по замыслу генерала, полностью «рухнет». Расчет оказался верным.

Еще в ходе сражений Верховное главнокомандование, высоко оценив заслуги талантливого военачальника, наградило его Георгиевским оружием — шашкой, украшенной бриллиантами, с надписью «За поражение австро-венгерских армий и взятие их сильно укрепленных позиций на Волыни, в Галиции и Буковине». Можно предположить, что своевременная поддержка Наступления Юго-Западного фронта другими русскими оперативно-стратегическими объединениями и всеми силами союзников вполне могла создать условия для успешного окончания войны против стран Четверного союза уже к концу 1916 г. Однако, к сожалению, этого сделано не было. Между тем Брусиловский прорыв открыл для стран Антанты перспективу на победоносное окончание войны.

В том же году произошло знаменательное событие в регионе нашей страны, чрезвычайно важном для связи с дружественными государствами, — на мурманском побережье Кольского полуострова: здесь был заложен

*См.: С. Базанов. Жизнь и звездный час генерала Брусилова. — Наука в России, 2006, № 4 (прим. ред.).

город Романов-на-Мурмане (с апреля 1917 г. — Мурманск)*, а вскоре закончилось строительство железной дороги, соединявшей его с Центральной Россией. Дело в том, что масштабы межсоюзнических морских перевозок военных контингентов и грузов через Архангельск в то время резко возросли и был крайне необходим новый порт. Тем более что построенный на берегу незамерзающего Кольского залива Баренцева моря, он мог функционировать круглогодично. Для обеспечения безопасности транспортировки тогда же была сформирована флотилия Северного Ледовитого океана, корабли которой, в частности, сопровождали пароходы с нашими войсками, посылаемыми во Францию. Только в 1916 г. за 36 таких рейсов было отправлено около 36 тыс. солдат и офицеров, причем без потерь, благодаря хорошей организации конвоев.

Третий год войны не привел ни одну, ни другую воюющую сторону к выполнению их стратегических планов. Тем не менее во всех крупных сражениях 1916 г. — под Верденом во Франции, в Трентино в Италии, в Восточной Галиции — Антанта одержала победу, к тому же все более превосходила противника по численности армий и оснащенности вооружением. Именно в кампанию 1916 г. стратегическая инициатива перешла в ее руки и была окончательно подорвана военная мощь германского блока.

В России же к концу 1916 г. как в тылу, так и на фронте начали проявляться антиправительственные настроения, чему способствовали «министерская чехарда», «распутинщина»**, перебои с продовольственным снабжением населения, инфляция и многие другие явления, связанные с затяжным характером войны. Да и для обеих противоборствующих коалиций кампания 1917 г. проходила в сложной обстановке, особенно в сфере экономики. И хуже всего в этом смысле, а также в отношении финансовых и людских ресурсов, обстояло дело у германского блока.

Основные положения плана кампании 1917 г. представители стран Антанты разработали в ноябре 1916 г. на межсоюзнической конференции в Шантийи (Франция). Они решили развернуть совместные согласованные наступательные операции, при этом главную роль отвели Западному фронту, а Восточный должен был сковать противостоящие ему австро-германские силы и тем самым содействовать успеху действий союзников.

Надо признать, к кампании 1917 г. Россия была готова гораздо лучше, чем к предыдущим. Так, пользуясь зимней передышкой, начальник штаба Ставки Верховного главнокомандующего генерал Василий Гурко провел реорганизацию армии: полки стали не четырех-, а трехбатальонными, что позволяло уменьшить накопление солдат на передовой и тем самым снизить боевые потери. Винтовок теперь было достаточно, а

боеприпасов для предстоящей кампании заготовили столько, что даже при полной остановке оборонного производства их хватило бы на три месяца непрерывных боевых действий. К тому же вовсю шли поставки от союзников. Словом, многим в то время казалось, что победа уже не за горами.

Но этим вполне реалистичным прогнозам не суждено было сбыться. Наступил февраль 1917 г. — в России произошла революция, общей причиной которой были замедление и приостановка важных политических и социально-экономических реформ. Если в начале войны патриотизм сближал народ с царской властью, то теперь значительная часть общества поверила, что страну спасет свержение самодержавия. К власти пришло Временное правительство, подтвердившее верность союзническому долгу и готовность сражаться с врагом до победного конца. Однако вышедшие из подполья члены большевистской партии развернули широкую антивоенную пропаганду, нацеленную прежде всего на армию (организация митингов, братаний с противником* и т.д.), что привело к резкому падению дисциплины на фронте. В такой сложной политической обстановке наше командование провело Июньское наступление 1917 г. (последнее на Восточном фронте), закономерно окончившееся поражением.

Захватившая в стране власть в октябре 1917 г. партия большевиков взяла курс на выход России из войны. В своем первом правовом акте — Декрете о мире — новое правительство призвало государства обоих противоборствующих лагерей прекратить боевые действия, но не встретило поддержки, в связи с чем, нарушив союзнические обязательства, заключило перемирие с Германией и приступило к переговорам с ее представителями. В итоге 3 марта 1918 г. был заключен сепаратный Брестский мир, по которому от России отторгались обширные территории ее европейской части и Кавказа. Но германский блок уже был обречен.

В заключение отметим: за годы Первой мировой войны в России было мобилизовано около 16 млн человек, а когда боевые действия подошли к концу (осень 1917 г.), в наших 14 армиях, сражавшихся на 5 фронтах, находилось свыше 7 млн солдат и офицеров, а также около 45 тыс. — в составе экспедиционных корпусов, действовавших во Франции и на Балканах. При этом потери нашей страны составили около 2 млн человек: более 775 тыс. убитых непосредственно на фронте, почти 240 тыс. умерших в плену, приблизительно 900 тыс. скончавшихся от ран и болезней и т.д. Такую цену она заплатила за победу, одержанную Антантой в противоборстве с германским блоком. Тем не менее нельзя не согласиться с поэтессой Зинаидой Гиппиус, писавшей в 1916 г.: «Нет оправдания войне, и никогда не будет».

*См.: А. Киселев. Северный форпост России. — В этом номере журнала (прим. ред.).

**Распутинщина — принятое в литературе название одного из проявлений кризиса власти на рубеже 1916—1917 гг., выразившегося в распространении влияния авантюриста Григория Распутина в качестве «прорицателя» и «целителя» на Николая II и его семью (прим. ред.).

*См.: С. Базанов. Феномен братания. — Наука в России, 2005, № 4 (прим. ред.).

СЕВЕРНЫЙ ФОРПОСТ РОССИИ

Доктор исторических наук Алексей КИСЕЛЕВ,
профессор Мурманского государственного
гуманитарного университета

**В связи со 100-летием начала Первой мировой войны 1914–1918 гг.,
отмечаемым в 2014 г., мы расскажем читателям о Мурманске –
рожденном ею городе на скалистых берегах незамерзающего Кольского залива,
крупнейшем в мире за Северным полярным кругом,
нередко называемом российскими воротами в Арктику. А 70 лет назад, в 1944 г.,
в ходе Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.,
в результате Петсамо-Киркенесской наступательной операции
Карельского фронта и Северного флота были окончательно разгромлены
немецко-фашистские войска на Севере Европы и завершена оборона Заполярья.**

Мифы разных народов утверждают, что в давние времена далеко на севере, за таинственными Рифейскими (Уральскими) горами, откуда дул свирепый холодный ветер Борей, жили люди-полубоги. Об их родине — Гиперборее, центр которой находился где-то у Кольского полуострова, писали авторы «Вед» — самых ранних сочинений индуизма (рубеж II—I тыс. до н.э.), священной книги персов «Авеста» (IX—V вв. до н.э.), а также древнегреческой поэмы «Одиссея» (VIII в. до н.э.).

В Средневековье, как свидетельствуют исландские саги, здесь существовала страна, называемая Биармия (или Бьярмаланд). На ее просторы по стопам

норвежца Оттара, в конце IX в. на паруснике обогнувшего северную оконечность Европы и проследовавшего в Белое море, из Скандинавии пришли викинги-норманны. А из новгородских земель сюда наведывались русские охотники за пушным и морским зверем. Название «норманн» они произносили как «нурман», впоследствии превратившееся в «мурман», и в дальнейшем так стали именовать само побережье Северного Ледовитого океана, где бывали иноземцы, а затем весь Кольский полуостров.

Этот край, обладавший таким преимуществом, как незамерзающий Кольский залив Баренцева моря — узкий извилистый фьорд, куда впадают реки Тулома и

*Панорама Мурманска.**Кольский залив.*

Кола, долгие годы был почти необжитым и не имел сухопутных подъездных путей из центра России. Лишь в XIX в. начались попытки оборудовать в здешних бухтах стоянки для судов, но осуществить задуманное по разным причинам не удавалось. Впрочем, в 1890-х годах дело сдвинулось с мертвой точки: у Екатерининской гавани, расположенной на западном берегу залива, началось строительство порта и города, названного Александровск-на-Мурмане (ныне Полярный). Однако и трех лет не прошло, как стало

ясно, что он не удовлетворяет возрастающие потребности торговли и коммерческого мореплавания.

Только начавшаяся в 1914 г. Первая мировая война заставила царское правительство принять давно назревшее решение — провести от Петрозаводска к Мурману железную дорогу, а в месте ее соединения с незамерзающим заливом возвести новый порт. Именно через него предполагалось получать от союзников по Антанте оружие, боеприпасы, военную технику и аммуницию, в чем остро нуждалась наша армия. Дело



Железнодорожный вокзал.

в том, что Черное и Балтийское моря тогда уже были заблокированы неприятелем, а единственным выходом из России в Западную Европу остался Архангельск. Однако он принимал суда лишь в теплое время года (Горло Белого моря и устье впадающей в него Северной Двины, на берегах которой стоит город, почти на шесть месяцев покрываются льдом), к тому же пропускная способность ведущей туда железной дороги была невысокой.

КАК СТРОИЛИ МОРСКОЙ ПОРТ

19 июня 1915 г., когда на восточном берегу Кольского залива, в 50 км от выхода в море, артель строителей приступила к забивке свай для эстакадной пристани, думается, следует считать «днем рождения» мурманского порта. Работа шла быстро: 2 февраля 1916 г. здесь уже стояли три паровых копра (машины для забивания в землю свай), пристань для мелких судов с проложенными по ней вагонеточными путями, две кладовые, жилой дом, где поселилась администрация, контора, также служившая для жилья.

С открытием летней навигации 1916 г. началась доставка различных материалов из Архангельска. Между тем, как впоследствии вспоминал инженер Борис Качурин, «благоприятные погодные условия, полярный день не ускорили темпа работ. Сказывался недостаток рабочей силы. Рабочие, у которых договор истекал весной, уезжали домой, на юг. А возможность нанять новых была невелика, ибо в стране шел очередной призыв на фронт. Для работ на строительстве порта приходилось вербовать тех, кто по состоя-

нию здоровья или по возрасту не подлежал призыву». В связи с этим решили привлечь к возведению порта ратников (солдат старших возрастов), знающих плотницкое дело.

В марте 1917 г. уже были готовы три глубоководных причала, близилось к концу сооружение еще двух (общей протяженностью 630 м) и шла подготовка к постройке следующих. Порт теперь мог принимать семь океанских судов, причем для их разгрузки имел 35-тонный и два 20-тонных подъемных крана. В поселке Дровяное (ныне в черте Мурманска) находились мастерские, в заливе — плавучий кран для ремонта судов. Для рабочих и служащих выстроили около 20 жилых зданий, больницу, столовую.

Первый океанский пароход — «Дротт», доставивший из Нью-Йорка материалы для строительства железной дороги, пришвартовался к временной пристани 19 августа 1915 г. А в конце того же года навигация в Архангельске закончилась и все поставки от союзников пошли через Мурман. Ведь Петроград требовал: «В первую очередь высылайте на ледоколах порох, винтовки, сапоги, колючую проволоку, снаряды, авиационные грузы». Однако причальных сооружений в новом порту все еще не хватало, и суда иногда подолгу стояли на рейде. Тем не менее, как констатировал в книге «Пятьдесят лет в строю» (1940 г.) дипломат и писатель граф Алексей Игнатьев, в 1912—1917 гг. военный агент России во Франции, Мурманский и Архангельский порты за 1915—1917 гг. приняли 130 бортов с военными грузами, в том числе более 1 млн снарядов, множество автомобилей и самолетов.



Мемориальный комплекс «Защитникам Советского Заполярья в годы Великой Отечественной войны».

САМАЯ СЕВЕРНАЯ В МИРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Весной 1915 г. начали сооружение земляного полотна для будущей стальной магистрали: долбили скальную породу, грузили ее в тачки, затем — на запряженные лошадьми подводы. А на зиму 1915/16 гг. — пору полярной ночи — пришлось сплошная прокладка рельсов. Работать приходилось при факелах и свете костров, в 20–30-градусные морозы. Причем помимо крестьян центральных губерний, здесь трудились китайцы, финны, казахи, татары, а с 1915 г. — и военнопленные (по свидетельству немецких историков, 70 тыс. уроженцев Германии и Австро-Венгрии). Однако несмотря ни на какие трудности, железная дорога (пусть и с недочетами) была построена, по ней каждые сутки на юг отправляли по 250 вагонов, т.е. 2–2,5 тыс. т грузов.

СОЗДАНИЕ КОЛЬСКОЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ БАЗЫ

Напомним, вся работа — строительство порта и железной дороги — шла в условиях кровопролитной войны, активных боевых действий в северных водах. Весной 1915 г. на востоке Кольского полуострова и в Горле Белого моря немцы расставили мины, на которых подорвалось несколько пароходов стран Антанты. Действовали здесь также вражеские крейсера «Метеор», «Берлин» и «Гросер Кюрфюрст». Оценив обстановку, наше командование перебросило сюда несколько кораблей с Тихого океана и обратилось с просьбой о содействии в охране Мурмана к английскому адмиралтейству. В ответ оно прислало броне-

носец «Альберналь», крейсер «Ифигения», плавучие базы «Эрнестон» и «Санниндайл», а также 15 тральщиков. Кроме того, в марте 1916 г. Россия выкупила у Японии свои боевые корабли «Полтава», «Пересвет» и «Варяг», захваченные последней в ходе Русско-японской войны 1904–1905 гг., и они также направились в Баренцево море.

Сосредоточение значительного количества судов требовало наличия береговых баз, способных их принять и снабдить всем необходимым. Одно такое подразделение создали в Кольском заливе, другое — в поселке Иоканга, а также учредили управление «Баз-стройка», организовавшее сооружение пристаней и причалов, благодаря чему боевые корабли получали уголь, воду, вооружение и т.д. Так новый поселок у железнодорожной станции Мурман стал не только торговым портом и крупным транспортным узлом, но и военно-морской базой. В июле 1916 г. он получил статус города (кстати, последнего основанного Российской империей) с названием «Романов-на-Мурмане», а с апреля 1917 г. — «Мурманск».

В СЕРЕДИНЕ XX ВЕКА

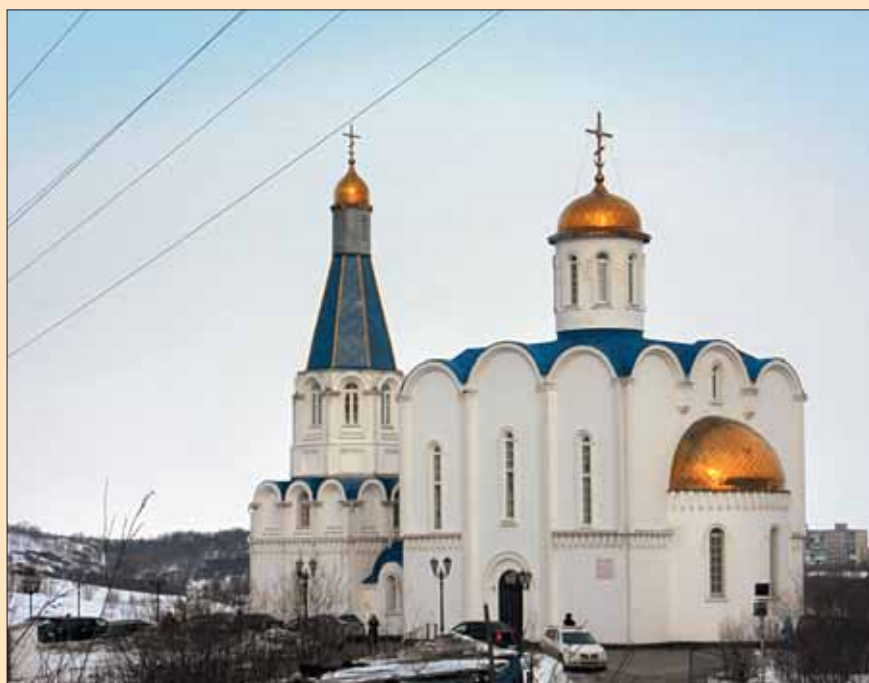
В 1920–1930-е годы созданный здесь транспортно-промышленный колонизационный комбинат, в состав которого вошли железная дорога и торговый порт, развернул интенсивную работу по восстановлению сообщения края с центром страны, построил промышленные предприятия, стал экспортировать лес, кроме того, в крае активно развивалось рыболовство. Однако Великая Отечественная война постави-



В Мурманском океанариуме.

ла все хозяйство региона «на военные рельсы». Траулеры последних лет постройки перешли к Северному военно-морскому флоту, три городских судоремонтных завода принимали получившие повреждения боевые корабли, а больницы, да и школьные здания превратились в госпитали, где лечили раненых. С января 1942 г. через Мурманск пошли союзные караваны с грузами по ленд-лизу — программе передачи США странам-союзницам займы или в аренду военной техники и других материальных средств в годы Второй мировой войны 1939—1945 гг.

И все это при постоянных налетах вражеской авиации — они начались 22 июня 1941 г. и продолжались более трех лет. Только Сталинграду уступает Мурманск по числу сброшенных на него бомб (по данным исследователей, 4100 фугасных и 181 000 зажигательных), а потери среди населения города от этих атак противника составили 15%. В первые месяцы войны им подвергались в основном оборонные объекты и предприятия стратегического назначения (порт, железнодорожный узел, судоремонтные заводы). Но убедившись, что блицкриг, как и в других



Церковь Спаса на водах.



Мост через Кольский залив.

регионах нашей страны, тут тоже провалился, гитлеровцы начали наносить массированные воздушные удары по жилым кварталам.

Особенно тяжело пришлось Мурманску летом 1942 г.: его деревянный центр полностью выгорел и, как памятники мирной жизни, там остались стоять лишь печные трубы. Люди переселились в сопки, вырыв землянки, борьба с врагом продолжалась. Порт принимал пароходы от союзников, привозившие танки, самолеты, автомобили, военную технику, продоволь-

ствие. Отсюда по железной дороге грузы шли на юг, на фронт. А вскоре, в октябре 1944 г., войска Карельского фронта и Северного военно-морского флота, перейдя в контрнаступление, нанесли фашистам сокрушительный удар, завершив оборону Заполярья. 70-летие той славной победы мы отмечаем в 2014 г.

МУРМАНСК СЕГОДНЯ

В послевоенные годы город на берегу Кольского залива вошел в число 15 населенных пунктов страны,



Атомный ледокол «Ленин».

чье восстановление было признано первоочередным, и начал подниматься из руин. Вновь главной заботой стали рыбные промыслы, судоремонт, строительство жилья, транспорт и коммунальное хозяйство, что актуально и сегодня. Не потеряло значения и то, ради чего Мурманск возник — связать морской путь с сухопутным. Грузы отсюда идут не только в Европу, но и в Америку, Азию, кроме того, «ворота в Арктику» являются портом приписки российского ледокольного атомного флота.

Символом города ныне считается «Мурманский Алёша» — поднявшийся на высокой сопке Зеленый мыс 35,5-метровый солдат в каске и плащ-палатке, с автоматом за плечом. Это центральный монумент мемориального комплекса «Защитникам Советского Заполярья в годы Великой Отечественной войны» (1974 г., скульптор Исаак Бродский), который хорошо различим практически из любой точки города, один из самых больших памятников России.

Не меньшая гордость мурманчан — самый северный в мире, единственный в Европе океанариум, где обучаются и выступают арктические ластоногие (вид, называемый «настоящие тюлени», в том числе морские зайцы и кольчатые нерпы). Свою историю он ведет с 1984 г., когда в здешнем Морском биологическом институте РАН была организована лаборатория по изучению морских млекопитающих. А сегодня главными направлениями работы этого аквариально-го комплекса являются экологическое образование, для чего составлено несколько учебных программ, и исследования по физиологии, звуковому, цветовому восприятию, остроте зрения животных и т.д.

К Мурманску приписаны четырехмачтовый барк «Седов» (построен в 1921 г.) — самое большое из существующих учебное парусное судно — и, конечно, первый в мире атомный ледокол «Ленин». Он создавался в первую очередь для обслуживания Северного морского пути, в 1960 г. вошел в состав здешнего морского пароходства и ныне стоит на вечной стоянке, став музеем, рассказывающим об истории развития отечественного атомного флота и освоения Арктики. А вот от его «дедушки», легендарного «Ермака», спущенного на воду в 1898 г., в то время мощнейшего на планете, остался только якорь, установленный на постаменте у стены областного краеведческого музея на фоне мозаичного панно.

Среди достопримечательностей, появившихся за последние годы, — освященная в 2002 г. церковь Спаса на водах (Спаса Нерукотворного Образа), входящая в состав мемориального комплекса памяти морякам, погибшим в мирное время, первый каменный храм в центре города. А в 2005 г. началось движение автотранспорта по мосту через Кольский залив длиной 1,6 км, — на то время самому протяженному в мире за Полярным кругом. Он связывает Мурманск с западными районами области, а также с Норвегией и Финляндией.

Фото Юрия Воронцова

ВЕЛИКАЯ ВОЙНА: ВЗГЛЯД ЧЕРЕЗ СТОЛЕТИЕ

Доктор исторических наук Ирина НОВИКОВА,
декан факультета международных отношений
Санкт-Петербургского государственного университета

**В конце 2013 г. в Екатерининском дворце
Государственного музея-заповедника «Царское Село» (Санкт-Петербург)
прошла третья международная конференция
«Первая мировая война, Версальская система и современность»,
собравшая ученых из России, Украины, Германии, Турции,
Австрии, Финляндии, Великобритании и др.
Организовали представительный форум Министерство культуры РФ,
Санкт-Петербургский государственный университет,
Институт всеобщей истории РАН при содействии
Российского военно-исторического общества
и Российского гуманитарного научного фонда.**

Первая мировая война 1914–1918 гг. (или Великая, как ее тогда называли), 100 лет с начала которой исполняется в 2014 г., принадлежит к числу событий, коренным образом изменивших нашу планету. Она не только превзошла предыдущие по количеству вовлеченных в противоборство государств, численности сражавшихся армий, средствам ведения боя, вызывавшим ужас своей бесчеловечностью (огнемёты, ядовитые газы и т.д.), но и вызвала грандиозные общественно-экономические и полити-

ческие последствия, в частности крушение четырех империй и «эпидемию революций»* в Европе.

Несмотря на то что первый глобальный вооруженный конфликт XX в. — противостояние стран Антанты (коалиция Великобритании, Франции, России

*Речь идет о распаде Российской, Германской, турецкой Османской и Австро-Венгерской империй, революционном движении в южнославянских провинциях последней (Чехии, Словакии, Хорватии и др.), а также в России в 1917 г., Австрии и Германии в 1918 г. (прим. ред.).



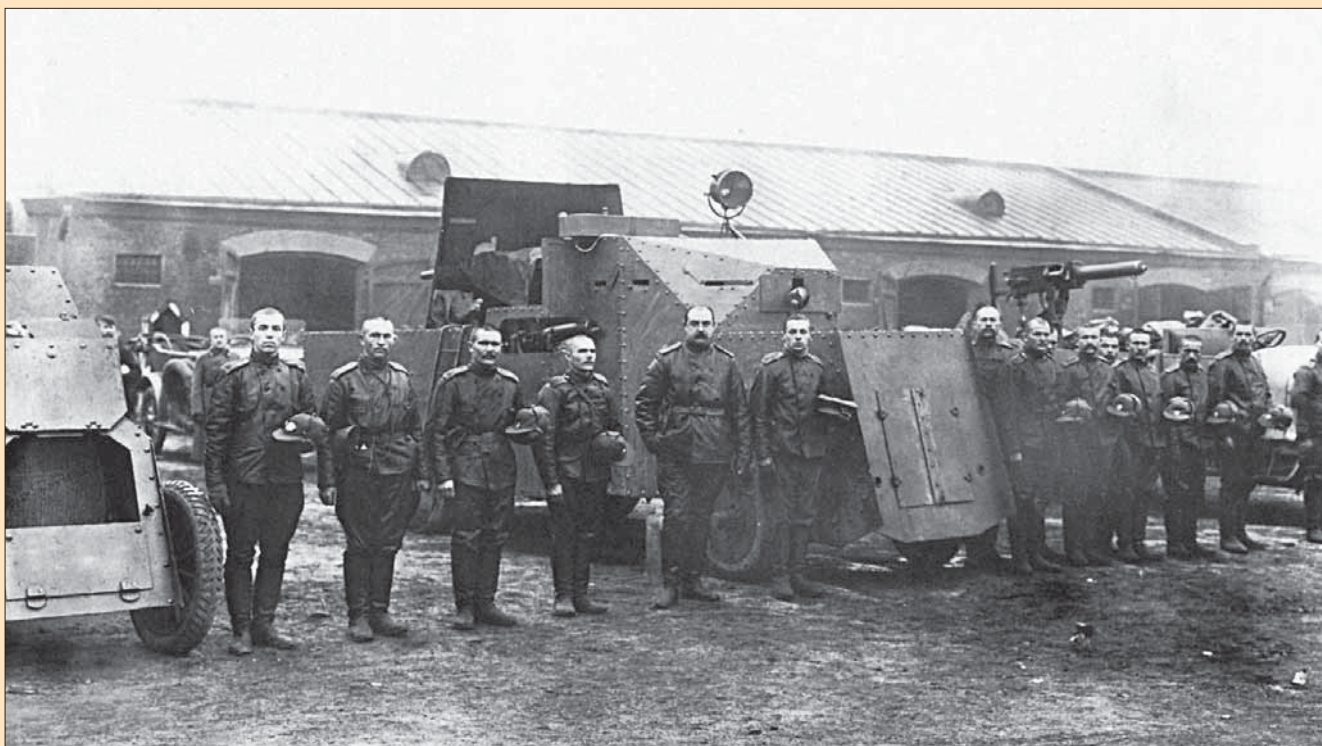
Екатерининский дворец
Государственного
музея-заповедника
«Царское Село».



Пленарное заседание
конференции в тронном зале
Екатерининского дворца.

и др.) и Четверного союза (Германия, Австро-Венгрия, Турция, Болгария) — занимает столь важное место в мировой истории, многие его аспекты не нашли должного освещения в отечественной научной литературе. В их числе — роль в этой «неизвестной» войне нашего государства, войска которого

почти четыре года удерживали фронт на пространствах от Балтийского до Черного моря, способствуя тем самым успешным действиям союзников. Не случайно именно данную тему выбрали в качестве приоритетной организаторы форума в Санкт-Петербурге.



Автомобильная пулеметная рота перед отправкой на германский фронт. 1914 г.

Как отмечал в приветственной телеграмме участникам конференции министр культуры РФ Владимир Мединский, «сохранение памяти и восстановление исторической справедливости — такова четкая позиция российского правительства и общественности в отношении событий Первой мировой войны. В настоящее время в стране открываются новые музеи и исторические объекты, восстанавливаются памятники и места захоронений. Принята и реализуется отдельная программа по созданию в Государственном музее-заповеднике «Царское Село» нового музея — «Россия в Великой войне»».

На пленарном заседании присутствующие заслушали три доклада. В первом доктор исторических наук, профессор Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина Игорь Гребенкин проанализировал моральную атмосферу, царившую в различных слоях российского общества в преддверии вооруженного противоборства великих держав. Особое внимание автор уделил взглядам крупнейших общественных, политических и государственных деятелей, таких, как Петр Столыпин, Петр Дурново, Петр Струве, Лев Тихомиров, на возможность вступления в войну нашей страны и отметил, что они с крайней тревогой относились к такой перспективе.

Динамику изменения ситуации на Восточном (русском) фронте в 1914–1918 гг., оттянувшем на себя почти половину австро-германских вооруженных сил, рассмотрел доктор исторических наук Евгений Сергеев (Институт всеобщей истории РАН, Москва). Докладчик подчеркнул важность разворачивавшихся

там событий для достижения победы стран Антанты. Вместе с тем, по его мнению, обстановка, складывавшаяся на этом театре военных действий, оказала огромное влияние на послевоенное урегулирование в Европе, в частности на произошедшие в ней политические и территориальные изменения, а также на исторические судьбы нашего государства.

Заместитель начальника Научно-исследовательского института военной истории Военной академии Генерального штаба Вооруженных сил РФ (Москва) кандидат исторических наук Денис Козлов рассказал о роли Российского флота в разгроме германского блока. Особо автор остановился на аспектах многообразного и результативного сотрудничества российских военно-морских сил с французскими и английскими (обмен официальными представителями, разведывательной и технической информацией, операции в интересах обеспечения боевых действий союзников и т.д.). Кроме того, докладчик призвал научное сообщество к совместной выработке принципов оценки результатов глобального вооруженного конфликта 1914–1918 гг., прежде всего критериев значимости вклада той или иной страны в победу над общим врагом.

Далее конференция проходила в рамках тематических секций. Участники одной из них, посвященной влиянию Первой мировой войны на общество, с большим вниманием заслушали доктора исторических наук профессора Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) Владимира Букова, рассказавшего об истории российского герба,



Плакат военного займа. 1916 г.



Артиллеристы на Кавказском фронте.

флага, гимна, наград во втором десятилетии XX в., ярко отражающей происходившие в стране социальные изменения.

Отметим также доклад доктора исторических наук профессора Московского государственного университета (МГУ) им. М.В. Ломоносова Ирины Купцовой, проанализировавшей отношение представителей отечественной художественной интеллигенции к «великому противостоянию» народов. Одни усматривали в нем возможность позитивных изменений в международном статусе России и сплочения общества, другие же, напротив, предупреждали пагубные последствия Первой мировой войны для судьбы страны и ее культуры. Докладчик пришла к заключению: такое размежевание повлекло за собой политизацию сознания творческого сообщества и переход его большинства в оппозицию власти.

Несколько докладов было посвящено России как одному из ключевых членов Антанты (создана в основном в 1904–1907 гг. в противовес усилению Германии) в военные годы. Каждый раз, когда противник переходил в наступление на западе Европы и над союзническими войсками нависала угроза разгрома, русская армия приходила им на помощь и оттягивала на себя значительные силы Четверного союза. Благодаря этому Англия и Франция смогли мобилизовать все ресурсы для достижения победы над врагом, а США – развить оборонную промышленность, создать сильную армию и подготовиться к вступлению в войну.

В то же время Великобритания, как показал в своем докладе кандидат исторических наук доцент Дальневосточной пожарно-пасательной академии МЧС РФ Павел Виноградов, оказывала помощь России, став

фактически монопольным кредитором и главным посредником по размещению ее военных заказов за рубежом. Дело в том, что мобилизационные резервы, созданные в нашей стране накануне Первой мировой войны, были недостаточны для ее ведения. Накопленные запасы оружия и боеприпасов были израсходованы в первые 2–3 месяца боев, что привело к острому кризису снабжения армии.

В сложившейся ситуации царское правительство решило обратиться за поддержкой к Англии, благодаря чему наши войска получили значительное количество тяжелых артиллерийских орудий и боеприпасов к ним, патронов к винтовкам и автоматическому оружию. Впрочем, такая помощь была не столь быстрой и эффективной, как того требовала обстановка военного времени, поскольку союзники рассматривали Восточный (русский) фронт как вспомогательный, главным считая Западный (французский).

Важное место в экономических отношениях нашей страны и Великобритании занимала транзитная торговля, которой посвятила доклад доктор исторических наук, профессор СПбГУ Ирина Новикова. Автор сделала главный акцент на такие недостаточно изученные в отечественной историографии вопросы, как организация союзнических поставок через нейтральную Швецию, деятельность в данном направлении российско-английского акционерного общества «Транзито».

С большим вниманием участники конференции выслушали доклад кандидата искусствоведения, доцента Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна Ольги Хорошиловой, посвященный малоизвестному феномену Первой мировой войны – конным отрядам особой



«Большая четверка» —
лидеры ведущих стран Антанты –
в 1919 г. на Парижской мирной
конференции (слева направо):
Дэвид Ллойд Джордж (Великобритания),
Витторио Орландо (Италия),
Жорж Клемансо (Франция)
и Вудро Вильсон (США).



**Первое заседание
Лиги Наций. Женева. 1920 г.**

важности, ставшим прообразом российского спецназа. Такие диверсионно-разведывательные группы просуществовали с 1914 по 1918 г. и выполняли сложнейшие задачи во вражеском тылу — поиск, выведение из строя линий связи, подрыв железнодорожного полотна, набег на тыловые объекты противника. Способствовали их успешным рейдам строгая дисциплина и внимание офицеров к нуждам рядовых бойцов. Российское командование высоко ценило деятельность этих подразделений, считая их способными влиять на ход боевых действий в целом.

Интересный доклад, посвященный сравнительному анализу российских и османских источников по истории Сарыкамышского сражения*, зачитал доцент университета Акдениз (Анталья, Турция) Мустафа Озтюрк. Особое внимание автор уделил причинам и последствиям поражения в этой битве турецких войск, а также личности руководившего ими Энвера Паши

*Сарыкамышское сражение (декабрь 1914 — январь 1915 г.) — оборонительная операция русской Кавказской армии против турецких войск в районе населенного пункта Сарыкамыш (ныне Турция) (прим. ред.).



**Памятник героям, павшим
в Первой мировой войне.
2008 г. Санкт-Петербург.**

— заместителя главнокомандующего вооруженными силами Османской империи (входившей в германский блок). Генерал не выражал ни сожаления, ни раскаяния по поводу разгрома его армии, считая случившееся нормой военного времени, и залогом победы Четверного союза в Первой мировой войне рассматривал объединение сил мусульманских народов Кавказа, Средней Азии и Турции.

Другая секция объединила специалистов, изучающих влияние Первой мировой войны на национальную политику великих держав и на развивавшиеся в них народные движения. Так, доктор исторических наук, профессор Казанского (Приволжского) федерального университета Рустем Циунчук, в частности, раскрыл содержание деятельности Государственной думы в отношении так называемых польского, немецкого, еврейского, мусульманского и украинского вопросов. Автор пришел к выводу: в 1914–1917 гг. власть переместила все нерусские народы в категорию «чужих», усилив всеобщий конфликт и кризис государственной системы, что ускорило распад империи. С этой темой перекликается и доклад доктора исторических наук, профессора Российского государственного гуманитарного университета Александры Бахтуриной (Москва) о пропаганде «славянского единства», занимавшей в военные годы существенное место в идеологической работе царского правительства, но в свете его внешнеполитических интересов приобретшей декларативный характер.

Второй день конференции был посвящен последствиям глобального вооруженного конфликта и вопросам формирования Версальско-Вашингтонской системы международных отношений — мирового порядка после окончания Первой мировой войны,

основы которого заложили Версальский договор участвовавших в ней государств, соглашения стран Антанты с союзниками Германии (1919 г.) и между собой (Вашингтонская конференция 1921–1922 гг.).

В числе главных вопросов, обсуждавшихся на Парижской мирной конференции держав-победительниц 1919–1920 гг., было учреждение Лиги Наций, ставившей целью разоружение, предотвращение военных действий, обеспечение коллективной безопасности, урегулирование споров между странами дипломатическим путем. Идея создания такой международной организации принадлежала американскому президенту Вудро Вильсону, однако Сенат США в 1919 г. не ратифицировал Версальский договор, частью которого был ее Устав.

Но отказавшись от политических обязательств, налагаемых данным документом, как показал в своем докладе кандидат исторических наук, доцент МГУ им. М.В. Ломоносова Александр Фомин, Вашингтон, тем не менее, стремился участвовать в разделе экономических «плодов победы» Первой мировой войны. Апеллируя к принципу «открытых дверей», США добились равноправного доступа к ближневосточным рынкам и источникам сырья, свободы действий для своих образовательных, религиозных, благотворительных, медицинских организаций и учреждений.

Отметим: Лига Наций (1919–1946 гг.) внесла неоценимый вклад в обеспечение европейской безопасности, в частности, впервые в истории зафиксировала обязательство не прибегать к вооруженным способам урегулирования межгосударственных конфликтов. Однако в ее Уставе оказались лазейки для оправдания действий агрессора, не были четко сформулированы меры борьбы с угрозой нападения, а в



Ратная палата (1913–1917 гг.)
Государственного музея-заповедника
«Царское Село» –
Музей «Россия в Великой войне».

случае разногласий члены этой международной организации сохраняли за собой свободу действий.

Как следствие — в Германии и Италии на почве неудовлетворенности итогами Версальского мирного договора (от первой были отторгнуты несколько провинций, а вторая не получила ожидаемых территорий) еще в 1920-е годы зародились реваншистские настроения, что углубило и без того назревавшие противоречия внутри Лиги Наций. А на следующее десятилетие пришелся ее кризис, показавший неспособность выполнять поставленные Уставом задачи, в частности предотвратить Вторую мировую войну 1939–1945 гг.

Объяснения несостоятельности первой глобальной международной организации пытались найти теоретики лейбористской партии Великобритании, чьи книги и статьи проанализировала в своем докладе кандидат исторических наук, доцент Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (Санкт-Петербург) Александра Сагалова. Она разделила этих авторов на две группы: «интернационалисты» считали, что Лига Наций недостаточно сделала для достижения «всемирного единства», а «социалисты» сочли ее неспособной внести решающие изменения в международную экономическую систему.

О формировании в 1930-х годах политики умиротворения — урегулирования международных споров, разжигаемых агрессором, путем сдачи ему второстепенных и малозначимых (с точки зрения британских и французских авторов этой доктрины) позиций — рассказал доктор исторических наук, профессор СПбГУ Владимир Фокин. Именно такой подход

инициировал изменение баланса сил в Европе, усиление Германии, приход к власти в ней в 1933 г. реваншистов во главе с Адольфом Гитлером, а в итоге — развал Версальской системы. Ее кризисы, реакция на них международной социал-демократии, антифашистская стратегия социалистического движения стали темой доклада доктора исторических наук, профессора СПбГУ Руслана Костюка.

Междисциплинарный характер дискуссий, проходивших на заседаниях конференции в Санкт-Петербурге, позволил осветить многие вопросы, связанные с пониманием роли России в первом глобальном вооруженном конфликте XX в., и вместе с тем восполнить соответствующие пробелы в отечественной историографии. В заключение участники международного форума стали свидетелями интереснейшей презентации первого в России Музея Великой войны, подготовленной сотрудником Государственного музея-заповедника «Царское Село» Георгием Введенским.

Работа конференции, собравшей 120 российских и зарубежных историков, представляющих крупнейшие университеты и научные центры, оказалась весьма плодотворной. К тому же она привлекла внимание широкой общественности и средств массовой информации к памятной дате 100-летия начала Первой мировой войны, события которой весьма актуальны, — их изучение помогает извлечь необходимые уроки и лучше понять проблемы современного мира.

Иллюстрации предоставлены автором

БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ АМЕРИКАНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ



Синхротронное излучение специалисты единодушно признают одним из наиболее востребованных инструментов для широкого спектра фундаментальных и прикладных исследований в области физики, материаловедения, биологии, медицины и химии. В настоящее время в мире функционируют примерно 40 источников такого типа,

разрабатывают и строят новые установки. Одна из них — в Брукхэйвенской национальной лаборатории (Brookhaven National Laboratory, BNL), расположенной в американском штате Нью-Йорк на острове Лонг-Айленд. Здесь недавно запустили новейший источник синхротронного излучения NSLS-II (National Synchrotron Light Source) с рекордно высо-

*Пресс-конференция по итогам выполнения контракта, связанного с созданием источника синхротронного излучения в Брукхэйвенской национальной лаборатории.
Слева направо: Сергей Шиянков, Андрей Стешов, Евгений Левичев, Сергей Гуров, Павел Чеблаков.*



Источник синхротронного излучения NSLS-II. В его недрах работает бустерный синхротрон ИЯФ СО РАН.

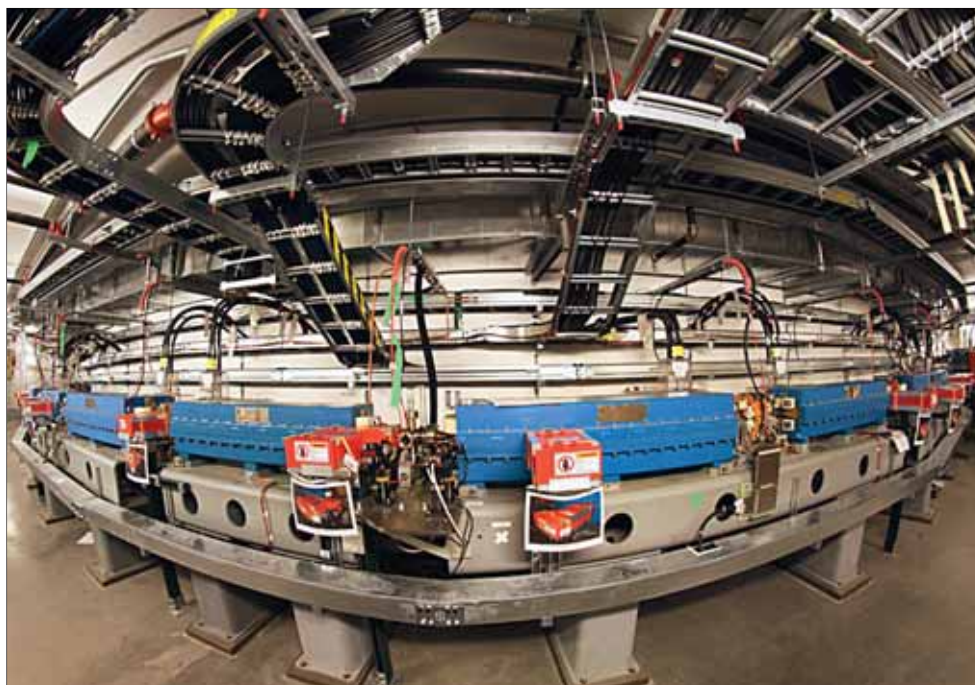
Дипольные магниты (синего цвета) для поворота электронов; квадрупольные (желтого цвета) и секступольные линзы (оранжевого цвета) для обеспечения поперечной устойчивости пучка электронов; корректирующие магниты (красного цвета) для небольших коррекций орбиты.



кой для машин такого класса проектной интенсивностью пучка. Специалисты Института ядерной физики им. Г.И. Будкера (ИЯФ) СО РАН создали для него базовый элемент — бустер — ускоритель-накопитель электронов с периметром 158 м, разгоняющий пучок энергии от 200 МэВ до 3 ГэВ. 22 апреля 2014 г., сообщила газета «Наука в Сибири», в институте прошла пресс-конференция, посвященная успешному выполнению этого контракта стоимостью 14 млн дол., заключенного с Брукхэйвенской национальной лабо-

раторией 4 года назад. О ходе и результатах масштабной работы новосибирским журналистам рассказали ее ключевые участники: заместитель директора ИЯФ по научной работе доктор физико-математических наук Евгений Левичев, руководитель экспериментального производства кандидат технических наук Андрей Стешов, начальник научно-конструкторского отдела кандидат технических наук Сергей Шиянков, научный сотрудник Сергей Гуров и младший научный сотрудник Павел Чеблаков.

Середина третьей арки
бустера.



В мае 2010 г., напомнила газета, ИЯФ СО РАН победил в международном тендере на создание этой установки. В соответствии с условиями контракта институт обязался выполнить весь комплекс работ, начиная от расчета, проектирования, изготовления, настройки оборудования и заканчивая доставкой, сборкой ускорителя в американской лаборатории, запуском и получением показателей, отвечающих требуемым параметрам. Бустерный синхротрон, отметил Левичев, — одна из крупнейших установок сибирского института, сданных «под ключ».

Свыше тысячи изделий входят в его комплектацию. Причем, как правило, они не серийные. В Институте ядерной физики работают 400 единиц технологического оборудования, 300 из них — обрабатывающие станки. Большая часть изделий рождалась на этой производственной базе, существенно расширенной в ходе работы над зарубежным проектом.

Современные ускорители, пишет газета, требуют точности изготовления пластин на базовых поверхностях толщиной меньше 15 мк. В институте освоили производство прецизионных штампов — до этого их делали на других предприятиях сибирского региона. Затем пластины, вырубленные из листовой электротехнической стали с клеевым покрытием, запекали в специальных стапелях. На этапе изготовления первых серийных образцов приезжали специалисты из BNL для согласования технических вопросов.

По контракту ИЯФ также отвечал за систему защиты оборудования бустера, поэтому на возможные внештатные ситуации специалисты предусмотрели корректное отключение оборудования. Для отработ-

ки систем управления (архитектор Павел Чеблаков) и синхронизации установки здесь создали дополнительный испытательный полигон.

Бустер переправляли в США в двенадцати контейнерах фурами до Санкт-Петербурга, а дальше морским путем в Нью-Йоркский порт, откуда рукой подать до Лонг-Айленда — точки постоянной дислокации ускорителя. После доставки на место наши физики и инженеры проводили водяные, электрические и даже геодезические испытания каждой сборки. «В конце 2013 г. мы получили первый пучок. На проектные параметры удалось выйти буквально за два месяца», — рассказал Евгений Левичев.

«Эта машина, — отметил в интервью новосибирским «Вестям» научный сотрудник Брукхэйвенской национальной лаборатории Тимур Шафтан, — послужит открытию новых лекарств, материалов; мощные, очень яркие пучки позволят изучать химические и биологические процессы».

Как заметил на пресс-конференции Павел Чеблаков, недавно вернувшийся из BNL, где обучал американских специалистов управлению бустером, наши заокеанские коллеги высоко оценивают технологический уровень ИЯФ и весьма заинтересованы в дальнейшем сотрудничестве с сибирскими учеными.

Бустер для Брукхэйвена. — Газета «Наука в Сибири», 2014, № 16

Фото ИЯФ СО РАН

Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА

ТАЙНЫ «ЗАКАМСКОГО» СЕРЕБРА

Доктор исторических наук Андрей БЕЛАВИН,
заведующий отделом истории, археологии и этнографии
Пермского научного центра УрО РАН
(г. Пермь)

Среди историко-культурных явлений, которыми славится земля Пермская, особое значение имеют изделия ручной художественной обработки из металла (торевтики), попавшие к обитателям древнего Прикамья из разных уголков Евразии. В научной литературе находки получили поэтическое название «серебро закамское» или, по свидетельствам Воскресенской общерусской летописи XVI в., «серебро закаменское». Представляя интереснейший феномен пермской истории эпохи средневековья, они подтверждают значительную роль Прикамья в системе торговых и политических связей Евразии.

Название «закамское серебро» обязано своим происхождением князю московскому Ивану Даниловичу (1283–1340), еще при жизни прозванному за богатство и щедрость Калитой*. Как следует из Новгородской первой летописи младшего извода, он в 1332 г. потребовал от новгородцев дополнительной дани для Орды, «прося у них серебра закамское».

Однако второе название — «закаменское», вероятно, точнее указывает на происхождение восточных серебряных изделий, добываемых русскими воинскими отрядами и торговыми людьми. «Камнем» вплоть до XVIII в. на Руси именовали Урал. Этот термин — точный перевод, «калька» с языков местных народов. Уже после первых походов в Югру (территория между рекой Печорой и Северным Уралом) в XI в. главной добычей для русских, стремящихся прорваться в

международную торговую систему, стало серебро в виде монет и разнообразной утвари — то, чем эти земли были богаты и что удалось накопить средневековыми жителями Предуралья, Урала и Зауралья в ходе восточной торговли. Напомним, тогда в здешних краях не было серебряных рудников, и благородный металл сюда завозили.

На Урале и в Приобье в настоящее время известно свыше 300 средневековых серебряных сосудов. Основное место находок — Пермская губерния, где обнаружено около 200 изделий. На середину XX в. в Прикамье, по сводке ведущего научного сотрудника Института археологии РАН доктора исторических наук Владислава Даркевича, учтено более 100 кладов. Среди приобретений — сосуды из Согда и Хорезма (Средняя Азия), Хоросана (восточный Иран), составляющие около двух третей от всех находок торевтики, Византии и Западной Европы. Наиболее интересные и художественно выразительные экземпляры (15–20%) изго-

*Калита — старинное русское название денежной сумки, мешка, кошель (прим. ред.).



**Блюдо «Бахрам Гур и Азад»,
найденное в кладе близ деревни
Турушево. Находка 1929 г.
Иран, VII в. Серебро.**

товлены в Сасанидском Иране — империи, существовавшей с 224 по 651 г., или по близким мотивам в Согде. Причем уральские находки составляют 75% от общего числа Сасанидской торевтики, хранящейся в музеях мира.

Сколько драгоценной посуды было у владык Востока? Этот вопрос не раз задавали специалисты и любители истории искусства. И хотя никто и никогда не вел учета этим предметам, ответ на него можно найти на страницах письменных источников.

Так, персоязычный автор начала XIII в. Мухаммад ибн Исфендиар писал в «Истории Табаристана*» (1216–1217 гг.): «Однажды... один хоросанский царевич приехал к испахбеду (правителю) Табаристана с многочисленными дарами и подношениями... Он попросил серебряные блюда и подносы, чтобы расположить на них дары. Слуги принесли ему... 500 серебряных подносов. Хоросанец попросил еще. Тогда... послали к главной жене испахбеда и принесли от нее еще 500 подносов из серебра. Испахбед получил дары из Хоросана на этих 1000 подносах и в ответ послал царевичу 2000 подносов, наполненных подарками». Как следует из описания, у правителя одной не очень большой провинции — несколько тысяч серебряных

сосудов, он может дарить их, не задумываясь об оскудении своей сокровищницы. Надо полагать, у царей и крупных вельмож этих предметов было значительно больше, и сосуды, хранящиеся сейчас в музейных фондах по всему миру, — лишь остатки былого богатства.

Известные петербургские ученые-востоковеды доктора исторических наук Ростислав Кинжалов и Владимир Луконин, представлявшие в книге «Памятники культуры Сасанидского Ирана» (1960 г.) восточную коллекцию собрания Государственного Эрмитажа, справедливо отмечали: «Те несколько десятков серебряных сосудов, которые представлены на эрмитажной выставке, являются сейчас богатейшим в мире собранием памятников Сасанидской торевтики. В самом Иране их насчитывается не многим более десятка, а в музеях Франции, Англии, Америки — единицы. Все остальные десятки и десятки тысяч золотых и серебряных изделий этого периода были с течением времени переплавлены и перечеканены в другие вещи».

В фондах культурных учреждений нашего края, в частности в Пермской государственной художественной галерее, Коми-Пермяцком краеведческом музее им. П.И. Субботина-Пермяка, Чердынском краеведческом музее им. А.С. Пушкина, не так много подлинников драгоценной торевтики. Большая часть местных находок распределена Императорской археологической комиссией (основана в 1859 г.) в центральные

*Табаристан — средневековое название провинции, лежащей на южном побережье Каспийского моря (северо-восточный Иран) (прим. ред.).



Кувшин с крылатым верблюдом, деревня Мальцева Соликамского уезда. Находка 1878 г. Хорезм, VIII в., Строгановская коллекция, Государственный Эрмитаж. Серебро.

музеи, осела в коллекции русской аристократической семьи Строгановых, передана в советское время из региональных учреждений в центральные крупнейшие хранилища отечественных и мировых памятников культуры. Например, в восточное собрание Эрмитажа — энциклопедического музея, содержащего памятники различных эпох и цивилизаций, вошла блюдо, найденное в 1925 г. в Пермском крае у деревни Бартым крестьянином Галитша Давлетшиным, клад из трех блюд, обнаруженный в 1936 г. в Чердынском районе, серебряная чаша из Молотовского областного краеведческого музея, поступившая туда в 1941 г. из села Ильинское. В московский Государственный исторический музей были переданы в 1943 г. золотой среднеазиатский сосуд из скупочного пункта в г. Молотове, в 1952 г. — сосуды и монеты, найденные после войны в окрестностях Бартыма. Следует заме-

тить, здесь в одном из его залов представлен комплекс находок из Прикамья: золотые и серебряные сосуды, монеты, серебряное блюдо с изображением сцены пира бога Диониса и другие ценные изделия.

Древнюю серебряную посуду продолжают находить и теперь. Так, в 1989 г. при раскопках Верх-Саинского могильника в Березовском районе Пермского края специалисты Камско-Вятской археологической экспедиции Удмуртского государственного университета обнаружили в погребении № 154 хорезмийский сосуд — серебряную ложчатую чашу VIII в. Она хранится в археологическом музее указанного университета.

Но в целом до музеев и коллекционеров дошло крайне мало древних находок. Основную их массу переплавили и перечекалили в другие вещи. Происходило это и в далеком прошлом, и ближе к нашим дням. Известный собиратель и исследователь археологических древностей Александр Теплоухов (1811—1885) дал в связи с этим интересное пояснение: «Находимые в Пермской губернии серебряные вещи привозили в Вятку, где... братья Агафоновы в иной год перерабатывали до 30 пудов серебра и 20 пудов золота на разные образки и прочие вещи. По их словам, серебряные вещи, находимые в земле, — из хорошего серебра, лучше, чем наше, оно лучше плавится и меньше чернеет на воздухе. Поэтому находчики серебряных вещей и перекупщики везут его в Вятку». Интересно, что традиция крестьян Пермского Предуралья переплавлять и переделывать изделия из драгоценных металлов на свои нужды зафиксирована капитаном Николаем Рычковым еще в XVIII в., и существовала она долго.

Выдающийся историк почетный член Петербургской АН Николай Карамзин (1766—1826) хотя и не смог дознаться, откуда Калита получил сведения о «серебре закаменском» и как он его добывал, но указал: русские «действительно могли хвалиться знатным количеством серебра, получаемого... от немецких купцов и через Югру из Сибири. Новгородцы обещали Михаилу Тверскому 6000 фунтов серебра, а Витовту действительно заплатили около шестидесяти пудов, что прежде открытия Америки было весьма много». По мнению Карамзина, Иван Калита стал первым московским князем, имевшим огромные запасы серебра. Он платил им дань в Орду, военные контрибуции, покупал на него земли с городами (например, Углич и Галич), одаривал драгоценными изделиями бояр, а после его смерти, в соответствии с завещанием, большое количество серебряной утвари получили родственники Калиты, священники, церкви и монастыри. Таким образом, значительная часть древностей, разными путями попавшая на Урал в период раннего средневековья, стала русской добычей и была использована как часть государственной казны на различные политические и экономические цели.



**Блюдо с козерогом,
деревня Слудка Пермской губернии.
Находка 1780–1781 гг.
Восточный Иран, VIII в.,
Государственный Эрмитаж.
Серебро, позолота.**

Как на Урале и в Прикамье образовались запасы серебряной утвари, вошедшие в историю и легенды? В период раннего средневековья по обе стороны Уральского хребта в составе смешанного финно-угорского населения длительное время существовала культурная и, вероятно, этническая гегемония угорских племен. Во всяком случае, вплоть до ухода с Южного Урала на «поиски новой Родины» древних мадьярских племен (число переселившихся, по разным оценкам, составило от 25 до 500 тыс. человек), она была практически безраздельной.

Культура угров, по мнению археологов, этнографов и культурологов, отличалась удивительной устойчивостью традиций, в том числе особым почитанием серебра и вообще металла белого, небесного, лунного, божественного цвета. Так, у хантов и манси именно серебро, а позже свинец и олово выступали в качестве основы для изображений духов-покровителей. Серебряные сосуды играли особую роль в обрядности обских угров, их использовали как символы божественности, а вещи из драгоценного металла — щитки, гривны, серьги, подвески, украшения, монеты — приносили в дар духам-покровителям. Они также выполняли роль вспомогательной атрибутики на праздниках. В «Трудах» Института этнографии Академии наук СССР (1947 г.) известный этнограф и археолог доктор исторических наук Валерий Чернецов (1905–1970)

отмечал, что при «вызове шаманами духа «за народом смотрящего человека» у задней стены юрты ставили четыре металлических тарелки. Исследователь Северной и Северо-Восточной Сибири Николай Гондатти (1860–1946), описывая обряды вызова богов и духов, также указывал на использование серебряных сосудов: «Очень часто перед жильем ставится предварительно несколько серебряных или вообще металлических тарелочек, чтобы божий конь мог стоять не на голой земле или снегу». Поскольку «небесный всадник» мог ездить не один, то тарелочки нужны были для всей компании.

Этнограф Сибири, Средней Азии Николай Абрамов в «Описании Березовского края» (1857 г.) отмечал несколько иное использование серебряных тарелок — для изображения трона идола (среди главных остяцких идолов указывается кумир из золота, сидящий в чаше).

В более позднее время (XVI–XIX вв.) блюда из серебра заменяли посудой из белого металла, напоминавшего уральским уграм серебро. Так, по описанию немецкого естествоиспытателя и этнографа Отто Финша, в одном из остяцких святилищ «идол состоял из мумиеподобной связки около 4 футов длиной, окружавшей ствол дерева и обмотанной красным сукном и лентами. Сверху связки на том же стволе были прикреплены четыре металлические тарелки, из которых две большие, отлитые из олова, были европейско-



Лицевая пластина от поясной сумки, переделанная в погребальную маску. Пермский край, случайная находка. Венгрия (?), XI–XII вв. Серебро, позолота.

го происхождения. Другие две тарелки имели около 3,5 дюйма в диаметре и были из серебра. На дне одной из них находилось грубое изображение северного оленя, а на другой — лося, и, кроме того, плоские края обеих тарелок были украшены охотничьими сценами, представляющими человека в длинной шубе и с луком в руках, преследующего волка или собаку». Блюда, таким образом, изображали лица богов.

В работе «Серебро закамское» первых веков нашей эры. Бартымское местонахождение» (1954 г.) создатель пермской школы по археологии Отто Бадер (1903–1979) и признанный авторитет в области финно-угорской и болгарской археологии доктор исторических наук Алексей Смирнов (1899–1974) подчеркивали: «До Октябрьской революции в голодные годы в Зауралье нередко можно было встретить на рынках древние серебряные блюда и чаши или слышать о смельчаках, решавшихся «сорвать шайтана», то есть с опасностью для жизни ограбить языческое святилище, где наряду с принесенными в жертву лучшими мехами хранились серебряные блюда, чаши и серебряные фигурки людей и животных».

На ритуальное использование сосудов из серебра указывают и многочисленные «шаманские» рисунки, нанесенные тонким режущим предметом на лицевую и оборотную сторону сосудов. Они изображали различные сцены из обрядов: мужские фигуры в острокопечных шлемах с саблями в руках, рыбы, птицы, лошади, лоси. Может быть, процесс рисования на

священном блюде гарантировал победу в сражении, удачу на охоте.

По мнению археолога, востоковеда Бориса Маршака, с 1958 г. работавшего в Государственном Эрмитаже, поступление торевтики в Предуралье и на Урал началось еще в IV–V вв. и закончилось в XIII–XIV вв. Попадало оно с Востока и Запада через посредников, контролирующих Всемирную торговую систему и ее важный отрезок — Камский (Пушной) торговый путь: Хазария, Волжская Булгария, Золотая Орда.

Сюжеты восточной посуды, в особенности сасанидской, считают специалисты, сыграли заметную роль в формировании художественного угорского стиля, а идеология, выраженная в искусстве Ирана, Согда и Хорезма, повлияла на мировоззрение угров, в котором чувствовалось сильное влияние митраизма (индоиранская религия, связанная с поклонением богу Митре).

Завершая рассказ о серебряных сосудах, поступивших на Урал в эпоху средневековья, необходимо отметить, что они закрепили традицию использования в обрядах уральских угров изделий из священного металла — серебра. Яркие и уникальные образцы восточной торевтики надолго оказались в центре уральской ритуальной практики, а представленные на них сюжеты внесли свою лепту в развитие мифологических представлений и изобразительных канонов угров Урала и Западной Сибири. Часть привезенных в Прикамье и на Урал серебряных сосудов местные жители переделыва-



Блюдо с орлом, держащим в когтях антилопу, село Суды Уинского района. Находка 1954 г. Восточный Иран, VII в. Пермская государственная художественная галерея. Серебро.

ли в украшения, знаковые и культовые предметы. Например, угорскую этническую культуру отличает использование погребальных лицевых покрытий — масок, они типичны для древних и этнографических групп ханты и манси, распространены в древневенгерских могильниках Паннонии (бывшая Римская провинция, занимавшая территории современной западной Венгрии, восточной Австрии и частично Словении и Сербии). К настоящему времени в Пермском крае известно более 100 таких серебряных масок в виде отдельных наглазников и наротников, полу- и цельных масок из тонко раскованного серебряного листа или фольги. Некоторые с рисунками, сделанными чернью и имитирующими татуировки, встречаются явно портретные изображения — на них переданы черты покойного, показаны ресницы, брови, усы, борода. В некоторых мужских погребениях с масками есть и серебряные подвески с изображением всадника — отличительный знак воина или вождя.

Следует подчеркнуть, значительную часть потока серебра, устремившегося с VI в. в уральские леса, составили серебряные монеты. Среди них — западноевропейские денарии, византийские миллиаресии, арабские и болгарские дирхемы. Максимальный приток арабской монеты в Предуралье приходился на X в. — первую половину XI в. К наиболее крупнымкладам дирхемов в Пермском крае относят Чердынский 1860 г. с 6 тыс. монет и Майкарский (свыше 1 тыс. монет), а

также Ягошурский 1867 г. (Удмуртия). Большинство из них смешанные — монетно-вещевые. Например, в том же Ягошурском находились слиток серебра и серебряный кувшин. Большая часть монетных кладов маркируют какие-либо святилища или жертвенные места. На это указывают, в частности, поэтичные, нередко фантастичные, но в чем-то и правдивые источники — скандинавские саги.

В период раннего средневековья в Прикамье и на Урал поступало также огромное количество серебряных украшений: поясные наборы, височные подвески, перстни, браслеты, медальоны, цепи, лицевые пластины от поясных кожаных сумочек-кошельков венгерского типа, так напоминающих знаменитую древнемосковскую небольшую поясную денежную сумку — калиту. Большая их часть — продукция ювелиров Волжской Булгарии (историческое государство в среднем Поволжье и бассейне Камы, X—XIII вв.), некоторые созданы на месте предуральскими мастерами из переплавленных монет. Из Венгрии привозили целые серебряные поясные наборы (например, находки двух поясов в Редикарском кладе, обнаруженном в 1929 г. в 1 км от села Редикар Чердынского района). Практически на каждом могильнике и поселении различных археологических культур Прикамья и Приуралья — ломоватовской (V—IX вв.), неволинской (конец IV—IX вв.) и полумской (V—IX вв.) — находят эти предметы.





Восточные монеты, серебряные украшения и ритуальные предметы из Пермского края.

Их разнообразие поражает воображение. Например, в состав клада, обнаруженного в 1927 г. в селе Вильгорт Чердынского района, входили 26 украшений: многолепестковые, квадратные и круглые накладки от головного убора, декорированные припаянными серебряными жгутиками и зернью (маленькие шарики), расплюснутыми и перевитыми золочеными проволочками, вставками сердолика; колпачки от перстней, украшенные зернью и сканью (ажурный узор). Фон круглых частей подвесок заполнен золотыми прокладками из тонко раскованных сканых проволочек. В Вильгортских находках в качестве вставок в круглые шатоны (один из видов закрепки драгоценных камней) использованы шаровидные бусины из красного сердолика или разломанные пополам граненые бусы из него. Позже здесь нашли серебряную подвеску-лунницу, декорированную вставкой из голубого стекла или бирюзы, обильной зернью и сканью, прокладками из золотых пластин.

Великолепными образцами болгарской ювелирной продукции являются серебряные массивные браслеты-наручи. Один из них, входящий в состав Чупинского клада, обнаруженного в 1959 г. в долине реки Быгель при строительстве дороги (старого пермского тракта), хранится в Березниковском историко-художественном музее им. И.Ф. Коновалова (Пермский край). Он имеет два продольных углубления с бордюрами, украшенными строчными орнаментами из глазков. Закругленные расширяющиеся концы браслета декорированы поясками из катушечной филигранны, крупной и мелкой каплевидной зернью, группирующейся пирамидками, и прокладками из золота. В центре каждой

конечной лопасти — квадратный шатон под вставку из сердолика. По многим признакам — расположению зерни, вставкам, катушечной филигранны, глазковому орнаменту — браслет может быть отнесен к продукции болгарских ювелиров.

Монетное и вещевое серебро попало к уграм Урала и Приобья в результате активной международной торговли. Как известно, среди статей вывоза из Предуралья фигурировали слитки меди и бронзы, отборное зерно и продукт огромной ценности для раннего средневековья — соль. Однако главным торговым эквивалентом были меха — белки, соболя, куницы, черной и красной лисы, горностая, бобра, песца. Они привлекали внимание восточных и русских торговцев, охотно менявших этот товар на серебро. Соболи и горностаи в средневековье водились по обеим сторонам Северного и Среднего Урала в кедрачах. Количество ценного пушного зверья было огромным, и его добычу вели гигантскими масштабами. К сожалению, для раннего средневековья цифровых оценок «меховой» охоты в источниках нет, но хорошо известно, что в 1586 г. на Западную Сибирь был наложен ясак (налог) в 200 тыс. соболей. Но уже после первых походов в Югру — на Урал — для русских, прорывающихся в международную торговую систему, основным источником прибыли стало серебро в виде монет и разнообразной утвари, накопленное в ходе экономических связей Урала с Востоком.

Иллюстрации предоставлены автором

ИСТОРИЯ ДОРОГ И НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА ПО ДАННЫМ АРХЕОЛОГИИ

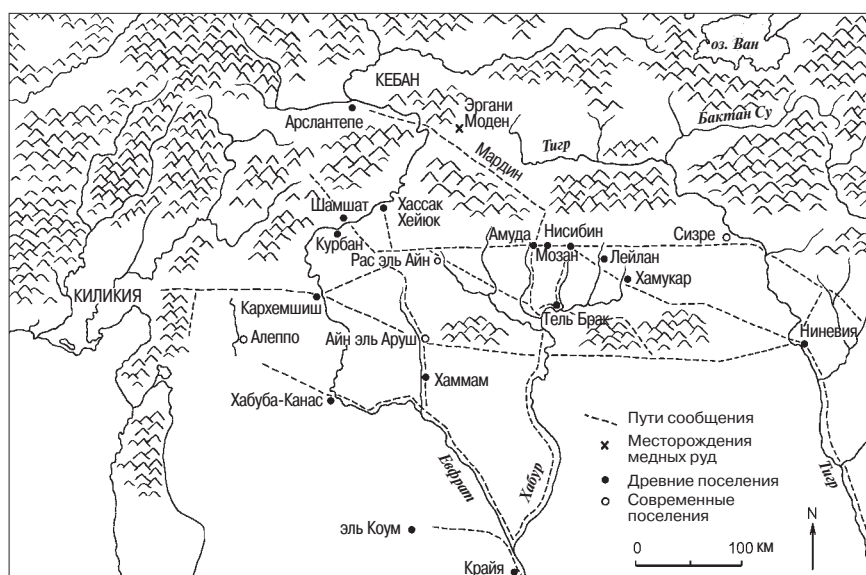
Доктор исторических наук Людмила АВИЛОВА,
старший научный сотрудник Отдела бронзового века
Института археологии РАН

**Пути сообщения существуют столько времени,
сколько существует человечество. Древнейшими транспортными артериями
были реки, освоенные человеком в эпоху мезолита.
Позже, в неолите (VIII–V тыс. до н.э.) стали осваивать наземные пути,
по которым происходил обмен ценными видами сырья
(кремнь, обсидиан, лазурит, малахит, морские раковины, слоновая кость)
между племенами, на расстояния порой до многих сотен километров.
Это были пешеходные тропы, привязанные к естественному рельефу —
речным долинам, горным проходам.**

ДРЕВНИЕ ДОРОГИ ПЕРЕДНЕЙ АЗИИ И ЕГИПТА

Древние пути прослеживаются по археологическим находкам из расположенных вдоль них поселений. Так, реконструирована обширная сеть путей сообщения, которая в IV тыс. до н.э. соединяла шумерские центры Северной Месопотамии с соседними территориями Северной Сирии, Восточной Анатолии, Западного Ирана. Контакты осуществлялись вдоль рек Евфрата и Тигра в направлении север-юг, а также по сухопутным караванным тропам в направлении запад-восток. В стратегических пунктах были расположены крупные поселения городского типа. Так, древний город Мозан контролировал горный проход Мардин, по которому можно было достичь богатых месторождений меди Эргани Маден; через город Брак путь вел на равнины Северной Сирии и далее на запад в Киликию. На местности древние дороги незаметны, но видны на космических снимках, где выглядят как полосы утоптанной земли, более плотной, чем окружающая. Древнейшим сухопутным транспортным средством служили выючные животные — ослы-онагры, одомашненные в Передней Азии к IV тыс. до н.э.

Из древнейшего очага цивилизации, которым была Передняя Азия, культурные достижения распространялись в Европу двумя потоками — через Балканы и Кавказ в степное Причерноморье. На рубеже IV–III тыс. до н.э. (в раннебронзовом веке) здесь уже использовались четырехколесные повозки. Дороги того времени неизвестны, тем не менее мы можем предполагать, как распространялись культурные достижения. Существует древняя «карта», на которой достаточно узнаваемо обозначен путь с юга, из Восточной Анатолии или Северной Месопотамии, на Северный Кавказ. Это чеканное изображение на серебряном сосуде из кургана у города Майкоп, где в конце XIX в. было обнаружено богатейшее захоронение представителя общественной элиты IV тыс. до н.э. — обозначен протяженный горный массив с двуглавой вершиной в центре и две реки. Вообще пейзаж — исключительно редкое явление в раннем искусстве, его не могли нанести на драгоценный сосуд случайно. Горный массив идентифицируется с Большим Кавказским хребтом с горами Эльбрус и Ушба в центре, а реки — это Кубань и Ингури, впадающие в Черное море.



Карта-схема шумерских путей сообщений
(IV тыс. до н.э.).

Строительство дорог начинается с возникновением государства. Древнейшая мощеная дорога, обнаруженная в Египте, проложена к месту возведения пирамиды фараона Сахуры (V династия, середина III тыс. до н.э.). Полотно дороги шириной около 4 м сооружено из уложенных поперечно каменных блоков. Его центральная часть сильно изношена: по нему на массивных санях-волокушах, запряженных быками, транспортировали многотонные каменные блоки. Эти сцены подробно изображены на росписях внутри пирамид. В частности, показано, как дорогу поливают водой, чтобы уменьшить трение полозьев.

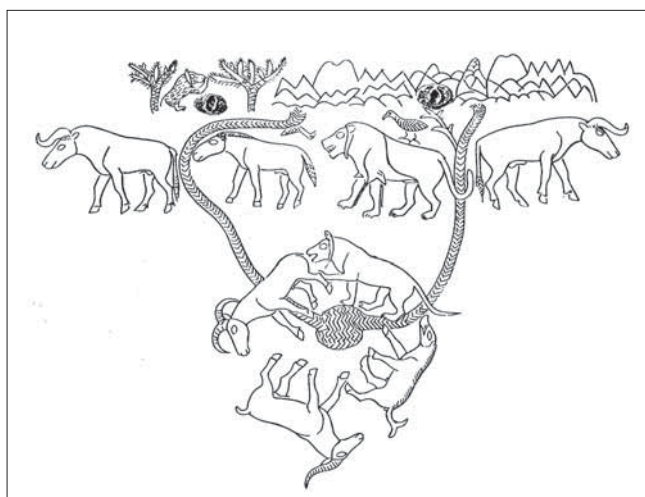
Для передвижения по заснеженным равнинам Северной и Восточной Европы приблизительно в это же время (IV тыс. до н.э.) неолитическими племенами были изобретены легкие деревянные сани-нарты с собачьей упряжкой. Детали таких саней сохранились в торфяниках Приуралья и Прибалтики. Сани состояли из плоских загнутых впереди кверху полозьев, в них вставлялся ряд вертикальных стоек, на которых крепилась платформа для груза. Существовало несколько разновидностей саней, в частности, с одним полозом типа тобогана.

Революция в развитии наземного транспорта связана с изобретением колеса. По данным археологии, в VI тыс. до н.э. в Месопотамии появился гончарный круг, а надежные свидетельства существования колесной повозки относятся к IV тыс. до н.э. Тягловыми животными служили онагры и быки. В III тыс. до н.э. в Передней Азии уже существовали двухколесные и четырехколесные повозки (Горелик, 1985). Сохранились их изображения и модели. На расписном сосуде из Хафадже в Восточном Ираке (Раннединастический II период, 2700–2500 гг. до н.э.) изображена 4-колесная повозка. Перед нами — тяжелая телега со сплошными массивными колесами, сделанными из досок. Прямоугольный кузов с высокими бортами свободно вмещает двух человек и дополнительный груз. Упряжка состоит

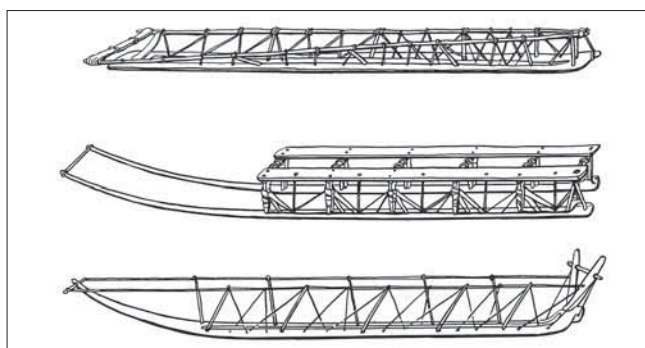
из четырех онагров, поставленных в шеренгу, править ими с помощью многочисленных вожжей, пропущенных через специальные кольца-распределители, должен был возница. По плоским равнинам Месопотамии в сухое время года такая телега могла передвигаться довольно быстро, несмотря на свою неуклюжесть и тяжесть.

Детальные изображения 4-колесных и 2-колесных повозок имеются на знаменитом «штандарте» из Царского некрополя Ура (середина III тыс. до н.э.). Хорошо видна конструкция колес и упряжь. Сплошные колеса состоят из трех частей: середины со ступицей и крайних сегментов, скрепленных короткими поперечинами. Для защиты воинов передняя стенка сделана высокой, сверху в ней имеется вырез для вожжей, сбоку укреплен колчан для дротиков. Двухколесная повозка имеет на колесах шины. Существовали и более легкие 2-колесные повозки специализированной конструкции: изогнутое дышло у них переходит в брус, на котором устроено сиденье для одного человека. Наиболее известна медная модель из Телль Аграба. Такая колесница была легкой, подвижной и могла использоваться на войне или на охоте, позволяя развивать не известную до тех пор скорость. В музее Метрополитен (США) хранится бронзовая модель боевой колесницы из Восточной Анатолии, запряженная парой быков и датируемая рубежом III–II тыс. до н.э. (Muscarella, 1988). Повозка 4-колесная, колеса сплошные, корпус устроен из брусьев, передняя стенка значительно выше и массивнее других. Дышло имеет раздвоенный задний конец, к переднему прикреплено ярмо, привязанное к рогам быков. Они управляются вожжами с помощью колец, продетых в нос животному.

Повозки были большой ценностью и знаком высокого социального ранга владельца. Остатки таких повозок вместе с костяками упряжных быков и возниц были найдены в богатейших царских захоронениях в Центральной Анатолии (могильник Аладжа



Пейзаж-«карта» на серебряном сосуде из Майкопского кургана (IV тыс. до н.э.).



Сани для собачьей упряжки. Неолит Приуралья (IV-III тыс. до н.э.). Дерево. Реконструкция.



Расписной сосуд из Хафадже (начало III тыс. до н.э.). Глина.

Хейюк, середина III тыс. до н.э.), в погребении царицы Пу-аби в Царском некрополе Ура (Woolley, 1934). Известны подобные находки и в курганах Южной России (Канторович, Маслов, 2009).

Во II тыс. до н.э. была одомашнена лошадь, быстро ставшая основным тягловым животным. В древнем мире славилась египетская конница. В эпоху Нового царства армии имели на вооружении многочисленные колесницы, что позволяло фараонам одерживать блестящие победы. Эти события изображены на рельефах Сети I в Карнакском храме и на росписях гробницы Тутанхамона.

В эпоху бронзы колесные повозки получили широкое распространение в степном Причерноморье. Современная методика раскопок курганов позволила зафиксировать многочисленные случаи помещения повозок в погребальные камеры («Происхождение и распространение колесничества», 2008). Такие находки известны в степях Восточной Европы: в Прикубанье (курганы у станицы Лебеди, хутора Останний и др.), в Калмыкии, на нижнем Дону. Оси повозок были неподвижными. Колеса по-прежнему изготавливали из трех толстых досок, в центре была выступающая массивная ступица. Конструкция кузова была гораздо более сложной, чем у первых ближневосточных телег: основой служила рама из массивных продольных брусьев и более легких поперечных. На раму с помощью многочисленных вертикальных стоячков крепились доски настила, иногда в несколько ярусов, чем достигалась легкость и одновременно прочность конструкции. Впереди на платформе было устроено специальное место для возницы с перилами по краям, задняя часть повозки предназначалась для груза. Дышло изготавливали из раздвоенного древесного ствола, его развилка крепилась к бортам кузова, что делало повозку маломаневренной при поворотах. К переднему концу крепилось ярмо для пары быков. Кузов и колеса повозки иногда сохраняют следы красной и черной раскраски. Размеры кузова составляют в среднем 1,2х2,6 м, диаметр колес — ок. 70 см, ширина колеи — ок. 1,5 м (Гей, 2000).

Племена, оставившие степные курганы, были скотоводами и вели подвижный образ жизни, совершая сезонные перекочевки вместе со своими стадами. Поселений со стационарными домами у них не существовало. На повозках устанавливали конструкции типа кибиток, состоявшие из легкого деревянного каркаса, покрытого войлоком. Замечательна находка из кургана Чограй на Ставрополье III тыс. до н.э. (Андреева, 1989). Это глиняная модель (возможно игрушка), колеса у нее не сохранились, но детально показан высокий кузов с куполообразным верхом и тремя округлыми окнами впереди и по бокам. В нижней части стенок имеются маленькие отверстия, служившие для крепления кибитки к платформе телеги с помощью ремней или веревок. Перед нами — типичное жилище степного кочевника. Стенки кибитки украшены зигзагообразным орнаментом, который передает узорчатый войлок.

С использованием двухколесных боевых колесниц связано распространение во II тыс. до н.э. народов

Царский некрополь Ура.
«Урский штандарт». Дерево, лазурит,
перламутр (середина III тыс. до н.э.).



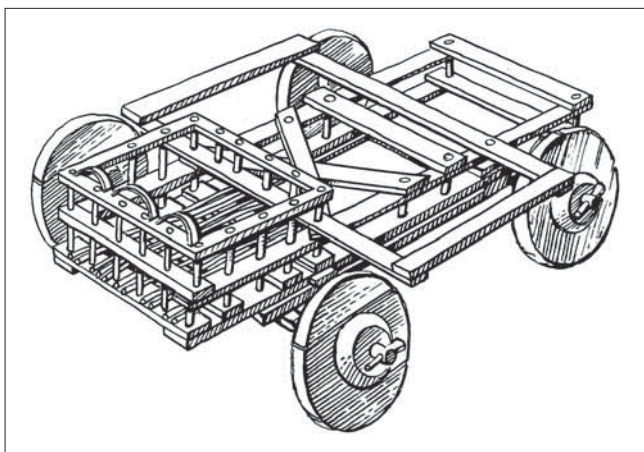
Фараон Тутанхамон на боевой колеснице.
Роспись гробницы, Фивы (XIV в. до н.э.).

индоевропейской языковой семьи. Замечательной находкой стало открытие могильника Синташта на Южном Урале (Генинг, Зданович, 1992). Здесь в погребальных камерах под курганами были обнаружены боевые колесницы сложной конструкции. Они имели два колеса с 8–10 деревянными спицами и квадратный в плане дощатый кузов размером в среднем 1,2х0,9 м, открытый сзади. Дышло было изогнутым, к нему крепилось ярмо, рассчитанное на двух лошадей (их костяки также обнаружены в захоронениях). Ось соединялась с дышлом оригинальным способом — с помощью брусьев-держателей, помещенных снаружи по сторонам кузова. Небольшие размеры (ширина колеи 1,2 м), легкость и мобильность делали эти колесницы превосходным транспортным средством военного назначения, позволявшее племенам ариев быстро преодолевать огромные расстояния в полосе евразийских степей и лесостепей. Как и на Ближнем Востоке, такие колесницы служили знаком высокого социального статуса погребенных в курганах воинов.

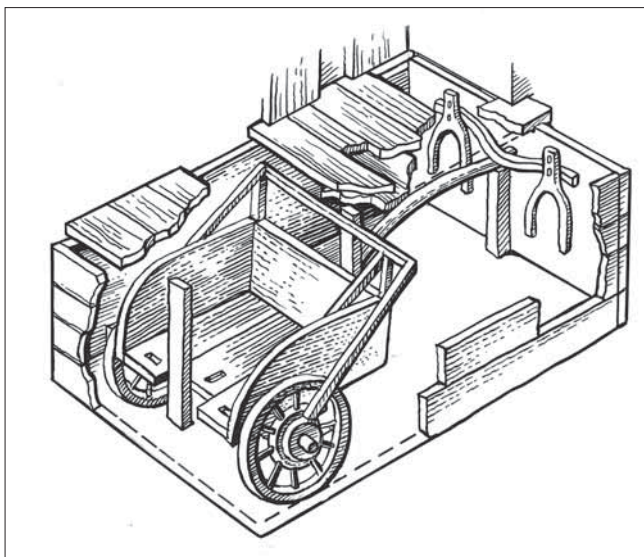
Зимние пути за Уралом представляли большую сложность. Здесь использовали своеобразное средство

передвижения — сочетание конной тяги с лыжами. На рукоятки бронзового кинжала из могильника Ростовка (XVI в. до н.э.) изображена коренастая лошадь, подобная лошади Пржевальского; к узде прикреплены длинные и крепкие поводья, за них держится лыжник. Ноги человека чуть согнуты в коленях и расставлены, он представлен следующим за конем в позе быстрого движения.

Период железного века (I тыс. до н.э.) отмечен широким распространением различных видов колесного транспорта. Скифские племена, обитавшие в VII–II вв. до н.э. в Северном Причерноморье, в большинстве были подвижными скотоводами, ловкими воинами-всадниками. Древнегреческий историк Геродот пишет, что их жилища были устроены на телегах. До нас дошли глиняные модели (игрушки) скифских повозок различных форм. В качестве передвижного жилища в это время, как и в эпоху бронзы, использовались четырехколесные повозки с куполообразной жилой частью — кибиткой, сделанной из войлока, закрепленного на легком деревянном каркасе. Существовали и грузовые телеги без навеса, но с глубоким объемистым кузовом. Колеса у всех моделей сплошные, но эта особенность,



Повозка из кургана Останний новотитаровской культуры (начало III тыс. до н.э.). Дерево. Реконструкция.



Колесница из могильника Синташта (II тыс. до н.э.). Дерево. Реконструкция.

скорее всего, объясняется не конструкцией самих повозок, а материалом изготовления моделей: из глины невозможно вылепить колесо со спицами.

Поразительная находка была сделана на Алтае, в кургане Пазырык. Здесь в V–IV вв. до н.э. жили племена, родственные скифам, которые поддерживали активные связи с Центральной Азией и даже с Китаем. В суровом климате Сибири в погребальной камере постепенно образовалась мерзлота, которая законсервировала органические остатки. Благодаря этому в погребении вождя полностью сохранилась парадная 4-колесная колесница китайского типа, с легким кузовом и навесом, опирающимся на точеные столбики. Большие колеса имеют по 33 тонких спицы, массивные оси далеко выступают за плоскость колеса. Колесница хранится в Эрмитаже (Санкт-Петербург).

К эпохе эллинизма относится прекрасная золотая статуэтка из Амударьинского клада (IV–II вв. до н.э.), найденного в 1877 г. на территории современного Таджикистана (древняя Бактрия). Хранится она в Британском музее. Композиция изображает в мельчайших деталях боевую колесницу-квадригу, запряженную четверкой лошадей. Возница держит вожжи, знатный бактриец сидит. Большие колеса с 8 спицами окованы металлическими шинами (показаны выступающие гвозди). Имеется два дышла и одно общее ярмо в виде бруса, подробно отражено устройство конской упряжи: узда, удила с нащечными деталями (псалиями), ремни, поводья.

ДОРОГИ ЭПОХИ АНТИЧНОСТИ

Древние государства античного периода занимались строительством дорог и обеспечением их безопасностью. Обязанностью каждого из многочисленных государств Древней Греции была постройка дорог. Дороги имели стандартную ширину (ок. 3 м), их прокладывали по каменистой почве, высекая некоторые участки в скалах. Даже во время военных действий дороги считались неприкосновенными, как и храмы. В «Истории» Геродота описана царская дорога, проложенная персидскими властями в VI в. до н.э. от города Сарды на западе Малой Азии к Сузам в Юго-Западном Иране. Ее протяженность составляла ок. 2500 км. Через равные промежутки были построены станции с постоянными дворами, а в стратегических пунктах, к примеру, на речных переправах, находились воинские посты и укрепленные ворота (Геродот, V, 52–54).

В Северном Причерноморье, на территории современных России и Украины, существовали многочисленные города-колонии, основанные выходцами из материковой Греции. Их жители владели технологией дорожного строительства, о чем можно судить по открытым археологами мощеным городским улицам (города Пантикапей — современная Керчь, Горгиппия — Анапа, Фанагория и Гермонасса на Таманском полуострове и др.). Улицы мостили каменными плитами, положенными насухо без раствора, переулки — щебнем и черепками разбитых сосудов. Вдоль улиц пролегли облицованные камнем водостоки и водопроводы, на перекрестках были устроены колодцы, также облицованные каменными плитами («Античные государства Северного Причерноморья», 1984). Грузовым транспортом служили телеги со сплошными колесами из массивных досок и с бычьей упряжкой, знать и воины передвигались в легких двухколесных колесницах, запряженных парой (бига) или четверкой (квадрига) коней.

Существуют многочисленные изображения греческих повозок и колесниц: на стене склепа Деметры в Керчи, на расписных сосудах с сюжетами военных сцен и спортивных состязаний (II–I вв. до н.э.). Особенно любили древнегреческие художники изображать героев Гомера и сцены Троянской войны. Легкие боевые колесницы имели изогнутое дышло, два колеса с 6–8 спицами. Колеса были небольшими, что делало всю конструкцию достаточно устойчивой при поворотах. Коней запрягали в мягкое кожаное ярмо.

Открытый сзади кузов имел поручни, за которые воин мог держаться. Кузов делали плетеным из ивовых прутьев, более тяжелые корпуса изготавливали из досок, те и другие укрепляли и украшали накладными бронзовыми бляхами. Обычно боевая колесница была рассчитана на двух человек — воина и возницу. Управление боевой повозкой считалось высоким искусством, программа Олимпийских игр включала состязания колесниц.

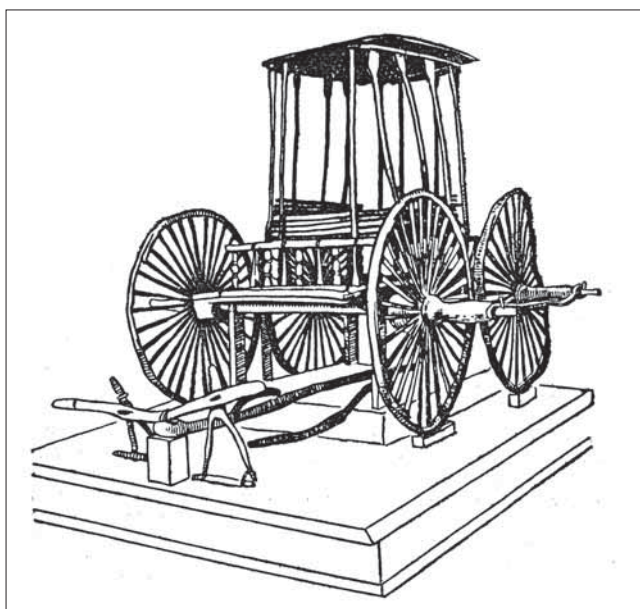
Высочайшим достижением в области транспортных систем древности стали римские дороги. Римское государство уделяло большое внимание строительству дорог, они играли важную военную и гражданскую роль в функционировании огромной империи. Наиболее древняя Аппиева дорога была сооружена в IV в. до н.э., на карте древнего Рима видно, как от центра города звездообразно расходятся многочисленные дороги, связывавшие его с самыми отдаленными провинциями. Римляне стали изобретателями бетона и широко применяли его в дорожном строительстве. Бетон получали из измельченного сланца мягких пород. На мощную, часто многослойную подсыпку из камней и щебня укладывали ровно отесанные каменные плиты, скреплявшиеся раствором. Плиты могли быть прямоугольными или неправильных очертаний. Ширина дорог была стандартной, в центральных провинциях империи она составляла ок. 5 м, что позволяло развезти двум телегам. Вдоль полотна прокладывали кюветы, расстояние отмечали камнями, расставленными через 1 милю. В этот период существовало множество разновидностей экипажей — грузовых телег с бычьей упряжкой, боевых и спортивных колесниц, повозок различных размеров и типов, с навесами или закрытых, предназначенных для дальних путешествий. Для обозначения каждого типа экипажа существовали специальные термины.

ТРАНСПОРТНЫЕ ПУТИ В ДРЕВНЕЙ РУСИ

Крушение Римской империи в IV в. н.э. под ударами варварских племен и наступление периода Средневековья означало утрату многих достижений цивилизации, в том числе разрушение дорожной сети. В средневековом древнерусском государстве важнейшими путями сообщения были реки, по которым с весны до осени осуществляли судоходство, а зимой прокладывали санный путь. Именно по рекам проходили важнейшие торговые пути: по Волге в Иран и Среднюю Азию, по Волхову и Днепру — «из варяг в греки», т.е. из Скандинавии в столицу Византии Константинополь. При переходе из бассейна одной реки в другую приходилось преодолевать сухопутные участки — волоки, где ладьи нужно было продвигать посуху, на катках-подкладках. В местах волоков возникали города — Смоленск, Волоколамск, Вышний Волочок — и более мелкие торгово-ремесленные поселения. Поблизости находились и курганные могильники (такие, как огромный Гнездовский могильник под Смоленском) с многочисленными захоронениями воинов-дружинников и торговцев. Характерные черты погребального обряда и находок позволяют



Скульптурное навершие кинжала из могильника Ростовка (II тыс. до н.э.). Бронза.



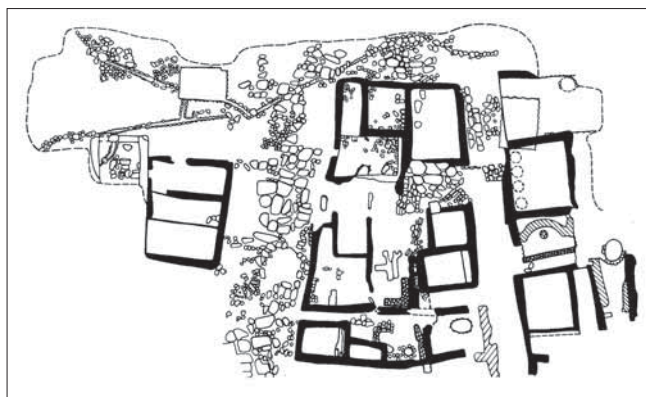
Колесница из Пазырыкского кургана (IV в. до н.э.). Дерево. Эрмитаж (Санкт-Петербург).

идентифицировать значительную группу населения скандинавского происхождения. Торговые пути отмечены находками многочисленных кладов серебряных монет и драгоценных изделий. Основными товарами в период Киевской Руси были меха, мед, воск, рабы, ткани, изделия из драгоценных металлов, вино.

Княжеская администрация заботилась о состоянии сухопутных дорог, одной из ее задач было наведение гатей в болотистых местах. Древнейшая Лаврентьевская летопись приводит повеление великого князя киевского Владимира Святого (X в.): «Требите путь и мостите мост» (расчищайте дорогу и мостите настил), а «Слово о полку Игореве» (XII в.) рисует картину побед-



Статуэтка из Амударьинского клада (IV–II вв. до н.э.). Золото.



План застройки жилого квартала в Пантикапее (V в. до н.э.).

ного шествия русского войска, бросающего под ноги коням в виде гати добытые в бою драгоценные ткани.

Основными видами сухопутного транспорта в Древней Руси были сани и колесные повозки. Их выбор был обусловлен не столько уровнем развития техники и возможностями инженерных решений, сколько состоянием путей сообщения. В Северной Руси наиболее распространенным видом конной повозки были сани. На них в условиях труднопроходимых, часто заболоченных дорог ездили практически круглый год. Сани княгини Ольги упоминаются в «Повести временных лет» под 947 г., интересно, что они хранились в средневековом Пскове как реликвия. Колесные телеги широко применялись в южнорусских землях. Стратегические противники русских князей — печенеги и половцы — кочевали по степи в «вежах» — телегах с установленными на них войлочными кибитками, подобными скифским.

В целом в Древней Руси дорог было мало, в основном грунтовые и слабо обустроенные. Лучше обстояло

дело с городскими улицами. В лесистых землях их мостили деревом. Княжеская и городская администрация следила за состоянием мостовых: до нас дошли специальные документы, регламентирующие порядок их строительства и ремонта, включая заготовку леса и его доставку. Эти обязанности разверстывались среди городского населения и жителей пригородных сел, которые отвечали за мощение и ремонт закрепленных за ними участков. До нас дошли «Урок мостников» в древнейшем русском сборнике законов «Русская Правда» (1072 г.) и «Устав князя Ярослава о мостех» (мостовых). — Л.А.), записанный в 1265–1266 гг.

Хорошо изучены археологами и сами деревянные мостовые. Они обнаружены во многих городах лесной зоны — Смоленске, Твери, Пскове, Берестье, Москве, Торопце и, конечно, в Великом Новгороде. Важнейшая особенность этого города — повышенная влажность почвы, благодаря чему в культурном слое сохраняется дерево и другие органические материалы. Именно в Новгороде были археологически исследованы последовательно обновлявшиеся с X по XV в. уличные настилы. В древнейшей части города их насчитывается до 30 ярусов. Сохранность новгородской древесины послужила основой для разработки дендрохронологического метода датирования археологических объектов. Метод основан на подсчете ширины годичных колец на срезах бревен. Статистический анализ годичного прироста колец дает возможность устанавливать с точностью до одного года даты деревянных сооружений и связанных с ними находок. Первая, древнейшая мостовая Черницыной улицы в Новгороде была сооружена в 938 г., Великой улицы — в 953 г. (Колчин, 1968).

Устройство мостовых было традиционно и повторялось в течение столетий вплоть до XVIII в. В основу мостовой вдоль длинной оси улицы укладывали три продольных круглых бревна (лаги) на расстоянии 1,3–1,6 м одно от другого. На них настилали массивные поперечные плахи — расколотые вдоль бревна диаметром 25–40 см. Их помещали плоской стороной вверх, плотно подгоняя друг к другу. Снизу в плахах вырубали полукруглые пазы, соответствующие лагам, тем самым достигалась прочность настила. Ширина мостовой составляла 3–4 м. Для строительства использовали хвойные породы — сосну и ель. Грязь и навоз с мостовых счищали, но со временем бревенчатые настилы погружались в образовавшийся по сторонам культурный слой, и их приходилось возобновлять. Мостовые сильно страдали от частых пожаров. Обычно мостовая функционировала 15–30 лет. Мостили и площади. Под 1308 г. Псковская 1-я летопись упоминает, что посадник Борис замостил псковское Торговище (торговую площадь), и «бысть всем людем добро».

Большие улицы и рыночные площади северорусских городов были снабжены достаточно сложными инженерными сооружениями. Вдоль мостовых во влажной почве прокладывали дренажные системы, предназначенные для отвода грунтовых вод. Они состояли из вкопанных в землю водосборников в виде бочек и маленьких бревенчатых срубов-колодцев, покрытых берестой и бревнами. В эти срубы врезали

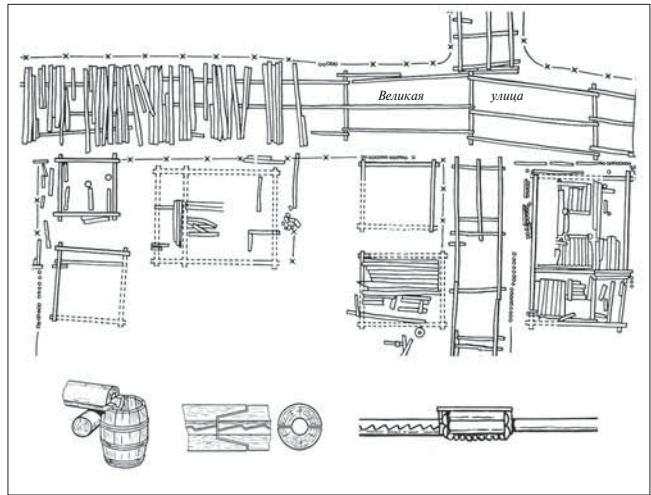
деревянные трубы, одни из которых служили для сбора воды в накопитель, а другие, большего диаметра — для ее сброса в реку или ручей. Трубы сооружали из продольно расколотых и выдолбленных бревен диаметром 40–60 см, внутренний диаметр трубы достигал 20 см. Продольные срезы бревен были не горизонтальными, а уступчатыми, что предотвращало скольжение двух половин трубы относительно друг друга. Швы конструкций уплотняли берестяными прокладками.

Из Новгорода происходит богатейшая коллекция деталей саней (полозья, копылы, грядки, оглобли и пр.). Полозья изготавливали из гнутых дубовых брусьев различного сечения, длина их достигала 3,3 м. Ширина саней была ок. 70 см. В пазы полоза вставляли ряд копылов — стояков с горизонтальным отростком, связывая соседние копылы для прочности прутьями. Внешнюю сторону копылов часто украшали резьбой, а их верхние концы вставляли в пазы горизонтальных брусьев — грядок. Грядки образовывали горизонтальную платформу саней, на которой могли устанавливать открытый кузов в виде ящика и закрытый кузов возка. На первый копыл надевали оглоблю, передний конец которой соединялся с дугой и хомутом (те и другие также есть среди новгородских находок). Конструкция средневековых саней отличается от современных крестьянских саней-розвальней тем, что у древних ширина кузова соответствует расстоянию между полозьями (ходу саней); у современных саней кузов шире.

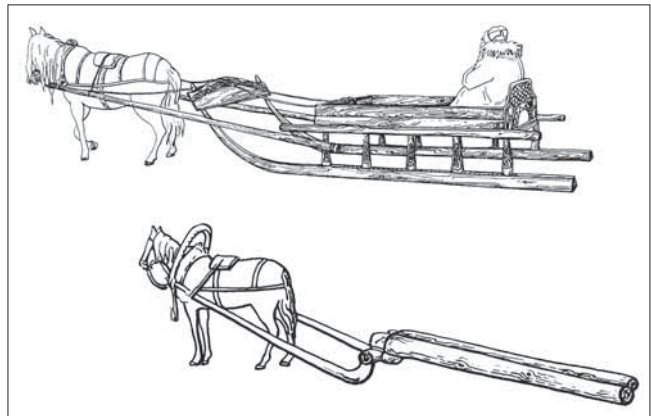
Существовали различные типы саней, по размерам и конструкции они делятся на грузовые, легкие пассажирские с кузовом и беговые, сани-возки большого размера, ручные санки и детские салазки. Кроме саней, для перевозки грузов (в частности, бревен) применяли волокуши. Они также найдены в Новгороде. Оглобли волокуш делали из дерева с комлем; в задней комлевой части, использовавшейся как полоз, они загнуты вверх. На эти оглобли с помощью пазов надевали поперечный брус, к которому крепили груз. Жесткий хомут на деревянной основе был изобретен на Востоке, на Руси он появился в X в. — раньше, чем в Западной Европе. Хомут позволяет полнее использовать силу лошади, равномернее распределяет нагрузку, чем ярмо и мягкая кожаная упряжь, и не травмирует животное. Он состоит из двух половин — клещей, обшитых кожей, в отверстия хомута пропускают гужи, соединяющие его с дугой и оглоблями.

Телеги хуже известны по археологическим материалам. В Новгороде и Берестье (современный Брест, Беларусь) найдено всего несколько колес, они относятся к XI–XII вв. Диаметр новгородского колеса большой, ок. 85 см, обод изготовлен из цельного гнутого дубового бруса, спиц девять, они также дубовые. В ободе и ступице выдолблены гнезда для спиц, в которых они были дополнительно укреплены клиньями. Ступица представляет собой массивную точеную на токарном станке болванку с центральным отверстием для оси диаметром 6 см и гнездами для спиц. Конструкция колеса технически совершенна и не отличается от лучших образцов тележных колес XIX в.

Прекрасно сохранились сани и четырехколесная повозка в погребении знатной женщины в Осеберге



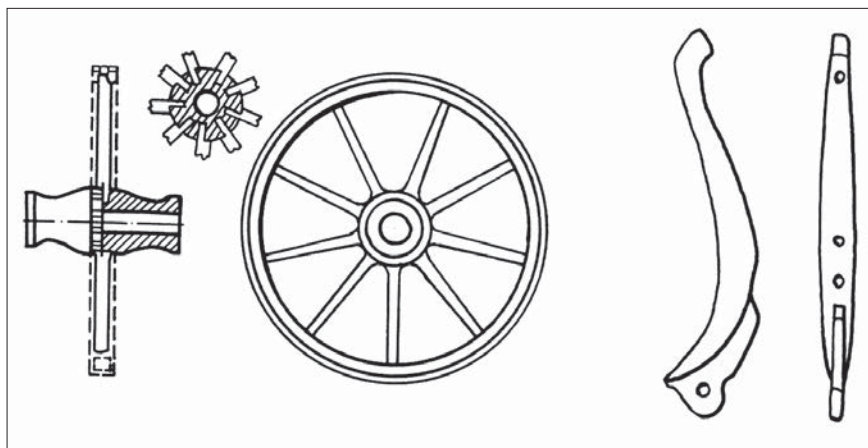
**Перекресток улиц Великая и Козмодемьянская (XII в.).
Дренажные сооружения. Великий Новгород.**



Сани и волокуша. Великий Новгород. Реконструкция.

(Норвегия, IX в.). По ним можно судить о сухопутном транспорте викингов — воинов, торговцев, княжеских дружинников. «Повесть временных лет» повествует о призвании местным (в основном славянским) населением в 862 г. варяжских князей Рюрика с братьями Синеусом и Трувором на княжение в Новгород, Изборск и Белоозеро. Варяжские воины передвигались на ладьях и верхом, но могли пользоваться парадной повозкой именно такого типа. Широкие составные ободья колес сделаны из дубовых досок. Спицы (по 16 в колесе) вставлены в пазы обода и массивной точеной ступицы. Дощатый кузов имеет полукруглое днище и покрыт снаружи богатым резным орнаментом в виде сложного плетения. Кузов съемный, он установлен на прочных полукруглых подставках, их концы также резные и имеют форму бородатого человеческого лица.

Великий Волжский путь соединял средневековую Русь, Скандинавию и Северную Европу с Прикаспием и странами Востока. Интенсивное его использование



Колесо и половина хомута.
Великий Новгород.

Сани и повозка из погребения
в Осеберге (IX в.).



приходится на XII–XIV вв., когда на берегах Волги существовало государство Волжских булгар, захваченное впоследствии монголо-татарами, которые основали здесь свое государство — Золотую Орду. В местах пересечения речного пути с сухопутными дорогами были основаны крупнейшие города: Сарай (в дельте Волги) и Новый Сарай (в 200 км выше по течению на рукаве Волги Ахтубе). Наземные пути вели один на запад — в Крым, затем в Средиземноморье, в частности в Константинополь, другой — на восток в Хорезм и далее в Индию и Китай, а также на юг — в Персию и арабские страны. По Волжскому пути в Восточную Европу шло восточное серебро, а в Средиземноморье и на Восток — ценные меха из бассейна Камы и Северного Урала, русское льняное полотно, мед, воск, рабы. Из Средней Азии и Китая доставляли шелка, из Персии и Индии пряности и драгоценные камни, жемчуг, слоновую кость, шелковые и хлопковые ткани. Византия поставляла на рынки волжских городов вино и оливковое масло в сосудах-корчагах, стеклянные изделия.

Необходимым условием поддержания оживленной торговли было обеспечение бесперебойного функционирования торговых путей. В Золотой Орде безопасность купеческих караванов на дорогах обеспечивали специальные военные отряды. Была организована сеть караван-сараев, которые предоставляли безопасные стоянки, где купцы пополняли запасы воды и провизии. Путешественники и торговцы XIV–XV вв. описывали дороги Золотой Орды с восхищением:

«Караваны обычно отправляются из Хорезма и движутся со своими телегами в Крым безопасно, без страха и тревоги, а путь этот длиной около трех месяцев» (Ибн-Арабшах). «Дорога в Китай совершенно безопасна как днем, так и ночью» (Пегалотти). Положение золотоордынских городов на пересечении Великого Волжского пути с сухопутными караванными дорогами укрепляло статус государства и ханской администрации за счет налогов и заставляло поддерживать пути сообщения в хорошем состоянии. Вся система пришла в упадок к XVI в. вместе с упадком государства Золотой Орды.

Теми же путями пользовались гонцы и посольства, по ним шла доставка официальных почтовых отправок. Для них существовала система станций — ямов — со сменными лошадьми и запасами продовольствия и воды. Термин «ям» укоренился в русском языке для обозначения конной почтовой службы. Ямская повинность известна на Руси начиная с XIII в. Именно в эту отдаленную эпоху уходит корнями характерное явление русской жизни — «птица-тройка» с колокольчиком и лихим ямщиком.

Иллюстрации предоставлены автором