Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА
из первых рук

5 5 (29) ● 2009

НАУКА из ПЕРВЫХ РУК

№ 5 (29) 2009

«ЗДЕСЬ НАУКУ БУДУТ ЛЕЛЕЯТЬ...»

ЕСТЬ ТОЛЬКО МИГ

«ЖИВОЕ» СЕРЕБРО ОЛОНХО

САМЫЙ РУССКИЙ ЗВЕРЬ

ISSN 18-10-3960

ВИРУС ГРИППА
подробности личной жизни

Познавательный журнал
для хороших людей

«Естественное желание хороших людей — добывать знание»

Леонардо да Винчи

Редакционная коллегия

главный редактор
акад. Н.Л. Добрецов

заместитель главного редактора
акад. В.В. Власов

заместитель главного редактора
акад. В.Ф. Шабанов

ответственный секретарь
Л.М. Панфилова

акад. М.А. Грачев

акад. А.П. Деревянко

чл.-кор. А.В. Латышев

чл.-кор. Н.П. Похиленко

акад. М.И. Эпов

к.ф.-м.н. Н.Г. Никулин

Редакционный совет

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

**Периодический
научно-популярный журнал**

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредитель: Сибирское отделение
Российской академии наук

Издатель: «ИНФОЛИО»

Адрес редакции:
630055, Новосибирск,
ул. Мусы Джалиля, 15
Тел.: +7 (383) 332-1540, 332-1448
Факс: +7 (383) 332-1540
e-mail: zakaz@infolio-press.ru
e-mail: editor@infolio-press.ru

www.ScienceFirstHand.ru

Журнал зарегистрирован
в Комитете РФ по печати

Свидетельство ПИ № 77-15734
от 23 июня 2003 г.

ISSN 1810-3960

Тираж 2 000 экз.

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

Дата выхода в свет 10.12.2009

Свободная цена

Перепечатка материалов только
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2009
© «ИНФОЛИО», 2009

Над номером работали

Л. Беляева
А. Владимирова
М. Долгов
Л. Кондратьева
А. Мистрюкова
к.б.н. Л. Овчинникова
Л. Панфилова
М. Роговая
А. Харкевич
С. Янушко

Дорогие друзья!

С самого начала создания нашего журнала одной из главных его задач является публикации материалов, посвященных природным и культурным феноменам Сибири – самого обширного и перспективного российского региона, который изучается более четырех столетий.

Уже с первой половины XVII в. исследования Сибири начали принимать планомерный характер. Однако первые два столетия они проводились лишь в рамках академических научных экспедиций, хотя и очень масштабных (например, в знаменитых Камчатских экспедициях было задействовано около 5 тысяч человек!). Огромный вклад в изучение природы Сибири и населяющих ее народов внесли ученые-путешественники – академики Г. Ф. Миллер, И. Г. Гмелин, Г. В. Стеллер, Д. Г. Мессершмидт, И. Э. Фишер, П. С. Паллас и многие другие.

С конца XVIII–начала XIX вв. к экспедиционным академическим исследованиям Сибири добавились изыскания местных ученых – представителей сибирской «вузовской» науки. В этом смысле первой сибирской «ласточкой» стал Томский Императорский университет, организованный «по Высочайшему Повелению» почти 130 лет. К началу XX в. исследованиями в сибирском крае занимались также Горное ведомство, отделения общероссийских и местных научных обществ и музеи.

Как и в дореволюционное время, в советский период изучение сибирских территорий и их природных ресурсов продолжалось преимущественно силами Академии наук, уделявшей этому направлению все больше внимания. Это делалось даже в труднейшие для страны военные и послевоенные годы, что было вызвано все большим смещением главных производительных сил на восток и острой необходимостью в комплексных исследованиях, охватывающих проблемы развития производительных сил региона.

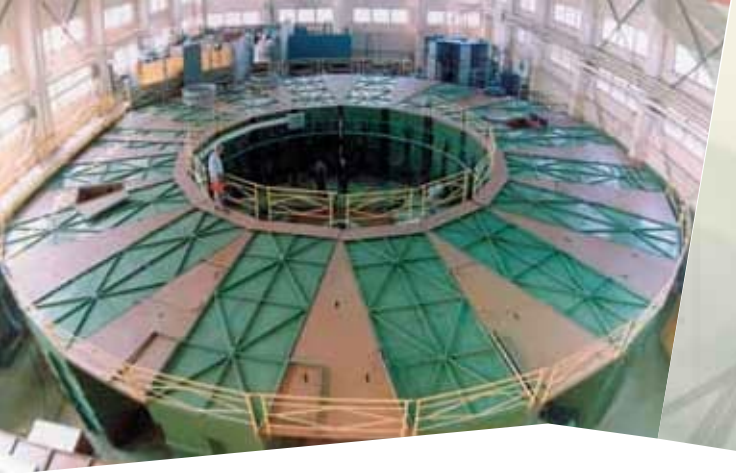
Однако настоящим революционным шагом на этом пути стало создание в 1957 г. Сибирского отделения Академии наук, в структуру которого вошли региональные научные центры, организованные в крупных сибирских городах – Новосибирске, Томске, Красноярске, Иркутске, Якутске, Улан-Удэ, Кемерове, Омске и Тюмени. Как и для любых академических учреждений, их главной целью было решение фундаментальных научных проблем и инженерных задач. Но поскольку все центры расположены на территориях с уникальным сочетанием природных, историко-культурных и социальных факторов, в их задачу стало входить также участие в исследовании региона и решении специфических региональных проблем.

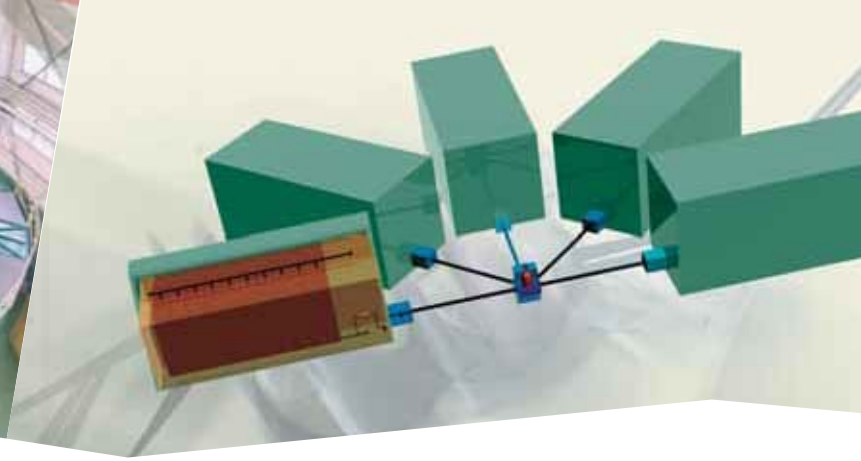
В этом выпуске мы знакомим читателей с историей образования Томского научного центра СО РАН, а также с работами томских ученых, посвященных исследованиям климатических изменений в Сибири и развитию «сильноточной электроники» – пионерного направления, инициированного академиком Г. А. Месяцем.

Кроме того, из публикации о вирусе гриппа можно почерпнуть много интересной и полезной информации об этом самом популярном на сегодня «генетическом паразите» и его взаимодействии с зараженной клеткой. Оказывается, что основной этап воспроизводства вируса протекает в самом защищенном месте клетки – в ее ядре, что практически исключает какое-либо терапевтическое воздействие на инфекцию. Для многих станет открытием и давно известный вирусологам «феномен первичного антигенного греха». Суть его в том, что наша иммунная система при любом последующем заражении вирусом гриппа начинает вырабатывать антитела лишь на тот вариант вируса, с которым она когда-то впервые встретилась. Такая информация ставит под сомнение целесообразность обычной вакцинации и позволяет более взвешенно подходить к оценке ситуации с гриппом, подогреваемой средствами массовой информации.

Мы надеемся, что рассказы наших авторов о работах томских ученых, глубоководных погружениях на Байкале, новых открытиях археологов и подробностях «личной жизни» вируса гриппа будут, как всегда, интересны и полезны нашим читателям.

академик Н. Л. Добрецов,
главный редактор





Разработан новый метод ДИАГНОСТИКИ ЭНДОМЕТРИОЗА – распространенного и самого загадочного гинекологического заболевания. **С. 6**

Исследования с помощью ОБИТАЕМЫХ ГЛУБОКОВОДНЫХ АППАРАТОВ открыли новую страницу в истории изучения БАЙКАЛА. **С. 8**

«Другое дело в Томске... В Омске НАУКУ будут терпеть, в ТОМСКЕ – лелеять, ибо это будет гордость города, цвет его и слава» **С. 30**

.01 **НОВОСТИ НАУКИ**

6 Патент на четвертое измерение

.02 **ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

8 ***А.Д. Фирсова***
МИРовые погружения.
Заметки со дна Байкала

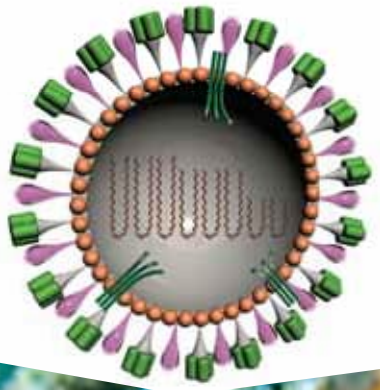
14 ***Л.И. Мальцев***
На гребне угольной волны

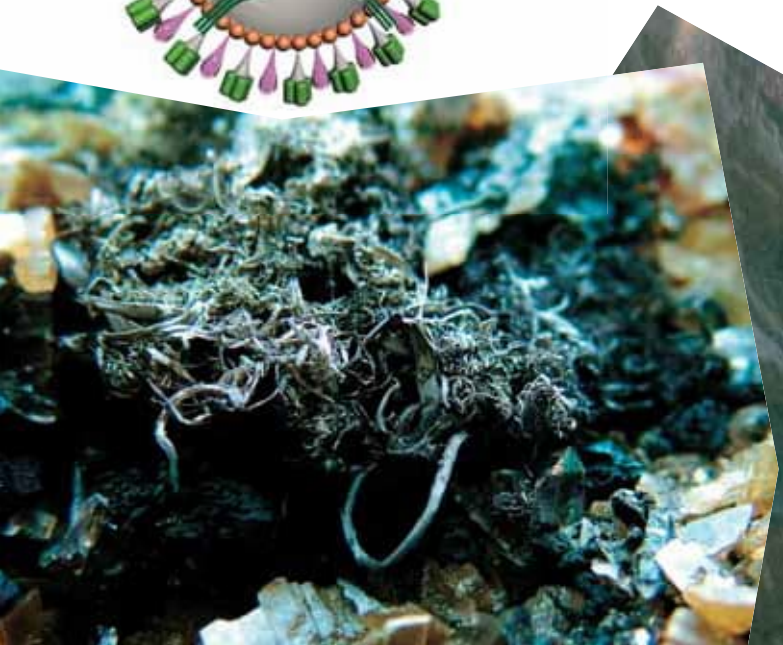
.03 **ЧЕЛОВЕК**

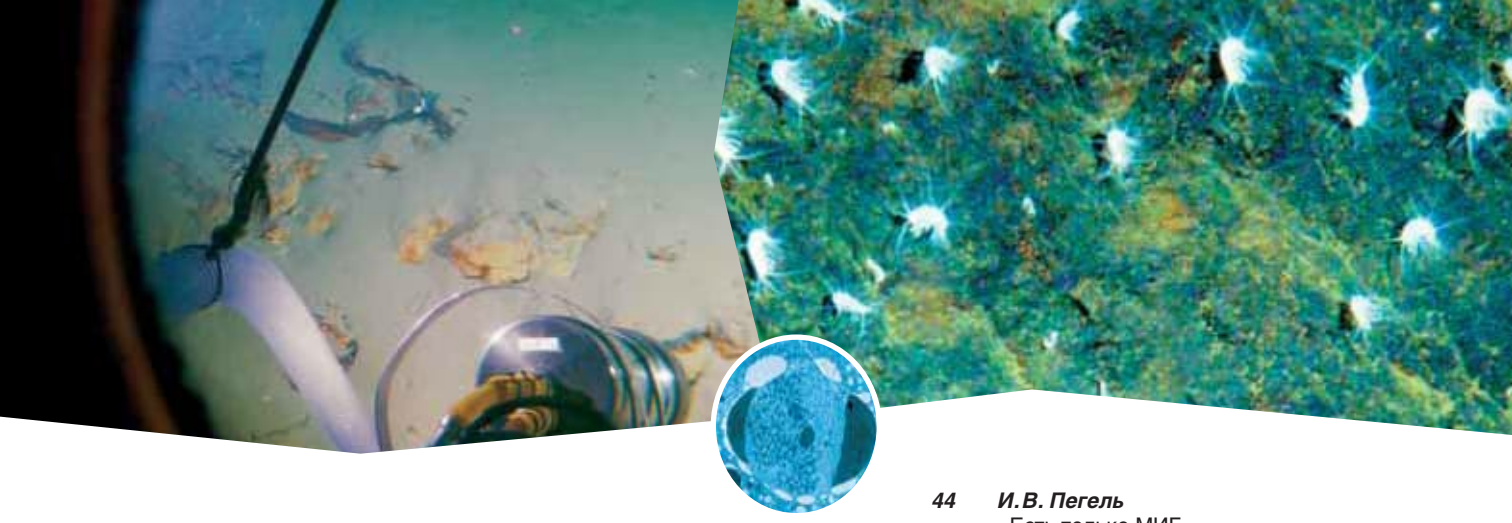
20 ***Е.И. Рябчикова***
Вирус гриппа:
подробности личной жизни

.04 **РЕГИОН**

30 ***М.В. Кабанов***
«Здесь науку будут лелеять...»
Страницы академической истории Томска







В Сибири создана сеть станций для МОНИТОРИНГА содержания в атмосфере АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ и ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ. **С. 54**

Встречавшееся на Мангазейском месторождении Якутии САМОРОДНОЕ СЕРЕБРО геологи долгое время принимали за ... клочки порыжевшего мха. **С. 86**

Многочисленность и широкое распространение БУРЫХ МЕДВЕДЕЙ во многом объясняется их способностью УЖИВАТЬСЯ С ЛЮДЬМИ. **С. 94**

.05 ГИПОТЕЗЫ И ФАКТЫ

44 ***И.В. Пегель***
«Есть только МИГ...»

54 ***М.В. Панченко***
Смотрящие за атмосферой

.06 ОТКРЫТИЕ СИБИРИ

64 ***Н.В. Полосьмак***
«Там на неведомых дорожках следы невиданных зверей...»

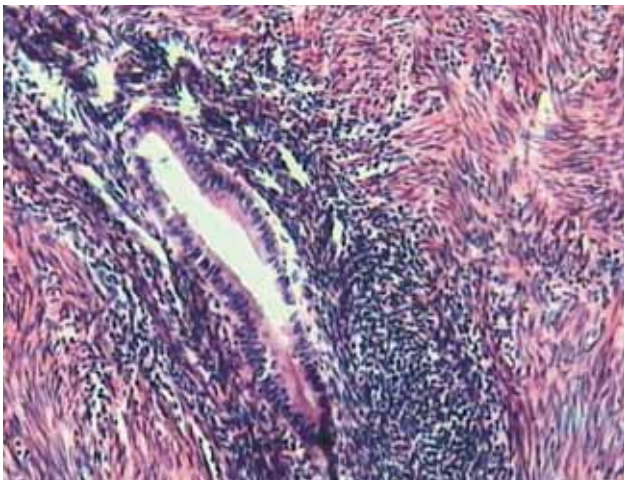
76 ***А.В. Бауло***
Библейские цари на хантыйском святилище

.07 ФАКУЛЬТЕТ

86 ***А.В. Костин***
«Живое» серебро Олонхо

.08 ЛИЦОМ К ПРИРОДЕ

94 ***В.В. Власов, В.С. Прасолов***
Самый русский зверь



Эндометриоз можно достоверно свидетельствовать только по результатам гистологического анализа, требующего удаления части мышцы матки, т. е. хирургического вмешательства

Патент на четвертое измерение

В Центре новых медицинских технологий Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск) разработали и внедрили новый метод «4D контрастной гистеросонографии» для диагностики изменений миометрия, в том числе эндометриоза – распространенного и самого загадочного гинекологического заболевания

Врачи называют *эндометриоз* болезнью цивилизации, поскольку причиной его широкой встречаемости стала невысокая рождаемость. У женщин, которые значительную часть своего репродуктивного возраста находились в стадиях беременности или кормления, развитие этого заболевание было невозможно.

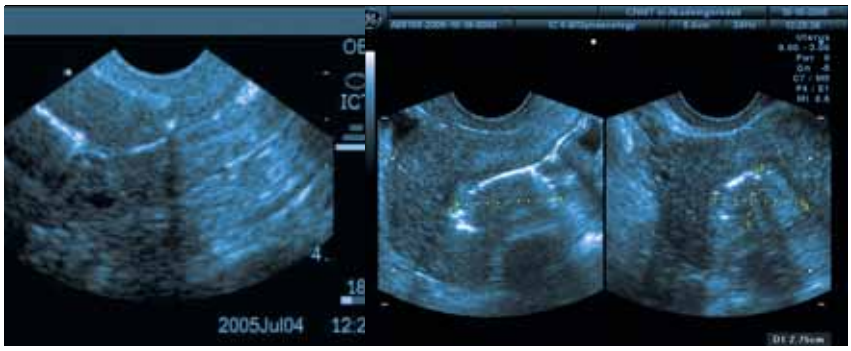
По сути эта болезнь представляет собой что-то наподобие доброкачественной опухоли, когда клетки внутренней оболочки матки (*эндометрия*) разрастаются за ее пределы. Чаще всего (в 70—90% случаев) при эндометриозе процесс локализуется в стенке матки и характеризуется появлением в мышечной части стенки матки (*миометрии*) железистых и стромальных элементов эндометрия. Эндометриоз сопровождается болями, кровотечениями, приводящими к воспалительному процессу в окружающих тканях, и увеличением объемов матки. Развитие этого заболевания нередко приводит к невозможности иметь детей. По данным ВОЗ, генитальный эндометриоз в настоящее время признается независимым фактором бесплодия у 9—15% женщин.

Дигностика эндометриоза представляет серьезную проблему для современной медицины, поскольку существующие ультразвуковые и другие методы дают неточную картину состояния тела матки. Ультразвуковое исследование позволяет увидеть миомный узел или эндометриозную кисту, но эти проявления болезни наблюдаются далеко не у всех пациентов этого заболевания.

Сам эндометриоз традиционно диагностируется по совокупности косвенных признаков, ни один из которых не является абсолютным доказательством наличия этого заболевания. Нередко исследования УЗИ дают одну картину заболевания (например, внутренний эндометриоз матки), тогда как при лапароскопии выявляется внешний эндометриоз, зачастую уже в более развитой стадии.

Достоверно свидетельствовать эндометриоз можно только по результатам гистологического анализа, требующего удаления небольшой (а иногда и достаточно большой) части мышцы матки. Такой метод «золотого стандарта» применяется лишь в случае крайней необходимости, поскольку это достаточно калечащая операция, нежелательная для женщины репродуктивного возраста, планирующей в будущем иметь детей.

Методов же визуализации эндометриоза тела матки до недавнего времени не существовало, когда в ЦНМТ ИХБФМ СО РАН был разработан так называемый метод «4D контрастной гистеросонографии». Суть его состоит в том, что УЗИ матки проводится после наполнения ее контрастным веществом, которое дает



С помощью метода «4D контрастной гистеросонографии» можно визуализировать признаки эндометриоза тела матки. Полученная картина чем-то напоминает заснеженное дерево

возможность увидеть прямые признаки эндометриоза. Эхопозитивное контрастное средство, по достижении предельного заполнения полости матки, поступает в эндометриоидные ходы и взаимодействует с их содержимым. В результате ходы котрастируются – на экране появляется специфическая картина, напоминающая заснеженное дерево.

Почему в названии метод стоят символы 4D? Дело в том, что исследования тела матки ведутся в трехмерном режиме, что позволяет более точно установить распространенность процесса. Четвертое измерение – время. Дигноз ставится не после осмотра по результатам изучения снимка, а в реальном времени амбулаторно, как обычное УЗИ. Дополнительная подготовка пациентки при этом не требуется.

Собственно говоря, сама процедура любого УЗИ представляет собой двумерное исследование, поскольку структура при этом видна в плоскости. Но направление этой плоскости, при которой будут максимально четко видны необходимые детали, врач выбирает в процессе исследования. Новая аппаратура для УЗИ позволяет «прогонять» через компьютер целый веер отсканированных изображений выбранной области, а затем реконструировать по ним трехмерную модель, однако полной объемной картины органа в реальном времени оно все-таки не дает.

В нашем случае благодаря постепенному заполнению матки рассчитанным объемом контрастного вещества, врач в реальном времени может увидеть, есть ли в ней ли в ней эндометриоидные ходы (тонкие каналы). Наличие последних позволяет абсолютно надежно диагностировать эндометриоз, за исключением тех случаев, когда эти каналы не сообщаются напрямую с телом матки. Без выявления этих ходов эндометриоз можно перепутать с *миомой* – доброкачественной опухолью, также приводящей к увеличению матки. Однако если растущая миома лечится оперативно, то эндометриоз хорошо поддается консервативному лечению гормональными препаратами.

Внедрение в практику нового метода уже позволило сотрудникам клиники ЦНМТ ИХБФМ СО РАН выявить эндометриоз более чем у трех тысяч пациенток. Состав контрастного вещества – вода и кислород, что полностью исключает возможность аллергических реакций у пациентов. Большое значение имеет точный предварительный расчет предельных объемов заполнения полости матки, необходимых для того, чтобы вещество заполнило эндометриозные ходы.

Отдельного упоминания заслуживает еще одна область применения нового метода. Это определение толщины рубцов на матке после кесарева сечения, абортов и других операций, при которых происходило вскрытие полости матки. Важность такой диагностики в том, что любые гинекологические операции, такие как установка контрацептивной спирали, диагностическое выскабливание или аборт, чреваты разрывом истонченных рубцов. Следствием может стать необходимость удаления матки.

Большую диагностическую ценность определение толщины рубцов имеет и для женщин, планируюших беременность: «правильные» рубцы позволят матке по мере роста эмбриона растягиваться до необходимого объема. Обычные ультразвуковые исследования толщины рубцов не позволяют определить их с точностью до миллиметра, тогда как погрешность в 1—2 мм играет в этом вопросе ключевую роль: рубец толщиной менее 4 мм уже представляет серьезную угрозу для сохранения беременности.

Метод «4D контрастной гистеросонографии» появился в ЦНМТ ИХБФМ СО РАН благодаря работе целой группы врачей, и даже стал темой кандидатской диссертации одного из специалистов. На саму технологию четырехмерного эндометриозного теста получен коллективный патент РФ.

Редакция благодарит сотрудников ЦНМТ к.м.н. С.А. Курганова и к.м.н. А.А. Махотина за помощь в подготовке публикации

Мировые погружения

Записки со дна Байкала

Экипаж МИР-1 уходит за борт баржи-носителя «Метрополия». Ему предстоит провести в глубинах Байкала девять незабываемых часов. *Фото В. Короткоручко*

В сентябре 2009 г. на оз. Байкал завершился второй сезон Международной научно-исследовательской экспедиции «МИРы на Байкале», организатором которой является Фонд содействия сохранению озера Байкал. Программа экспедиции, была разработана учеными Российской академии наук.
За три месяца работы было сделано около ста погружений. В задачи экспедиции входили гидрогеологические и палеогеографические исследования; изучение морфологии дна озера, мест выхода подводных гидротерм и грязевых вулканов, а также мест скопления газогидратов и проявлений нефти; мониторинг современного состояния экосистемы озера, исследование животного и растительного мира; получение точных данных о тектонических процессах на дне озера.

О «МИРах» и погружениях на дно Байкала не раз рассказывали по телевидению и в СМИ, уникальные подводные пейзажи украшали страницы журналов. Знаменитые певцы, писатели и политики, которым посчастливилось опуститься в толщи байкальских вод, волнуясь, рассказывали о своих впечатлениях. И мы им по-хорошему завидовали, ведь неизбывное любопытство и способность удивляться неизведанному есть в каждом человеке. И ученые, спускающиеся на дно Байкала с конкретными целями, переживают те же ощущения.

...Наше погружение было назначено на 12 июля. Волнительный момент – надеваем специальные костюмы, вооружаемся всем необходимым (камера, ручка, блокнот, диктофон) и как-то торжественно (хотя и в одних носках) спускаемся в аппарат. Чувствуется, что при погружениях четко соблюдается какой-то свой ритуал, и малейшее нарушение не приветствуется. Каждое погружение – это особая церемония, уже традиционная. И обязательно вся команда выходит проводить, пожать руку...

Исследователь газогидратов, руководитель группы геологии Байкала ЛИН СО РАН О. М. Хлыстов погружается уже в седьмой раз. Зато для к. б. н. А. Д. Фирсовой это первое погружение.
Фото В. Короткоручко

В аппарате немного тесновато, но уютно, тихо. Множество панелей с тумблерами, датчиками и другими приборами настраивают на рабочий лад. Мы располагаемся на мягких лежаках перед небольшими иллюминаторами. Нас трое: посредине – опытный улыбчивый пилот, Герой России Виктор Нищета, справа – геолог Олег Хлыстов.

Пилот задраивает люк. В окошечки иллюминатора видим проплывающую под нами палубу баржи «Метрополия», лица провожающих, команду в касках, сосредоточенно придерживающих канаты. Мягкий толчок – и горизонт скрывается в прозрачной, насыщенной светом и пузырьками воздуха зеленоватой воде. Некоторое время мы находимся на поверхности – набираем воду для балласта. Сразу начинаю записывать и снимать все, что вижу, главное – ничего не пропустить.

...Никакого особого физического ощущения во время спуска нет, воздух внутри аппарата обычный. Толща воды постепенно начинает темнеть, после 50 м за иллюминатором становится совсем темно и пилот включает прожекторы. Их лучистый свет словно высвечивает словно волшебный новогодний фильм: разнокалиберные частички «лимнического снега» (падающих органических остатков) действительно напоминают хлопья снега. Испуганные прозрачные мальки и мелкие горбатенькие рачки, шустро шевеля лапками, стремительно уносятся вверх. Через 10 минут мы зависаем – нужно взять пробу воды. Пилот, ловко управляя «руками»-манипуляторами с помощью джойстиков, наполняет шприц и опускает его в корзину, прикрепленную снаружи аппарата.

...Погружение продолжается. Вот мы уже у подножия Академического хребта. Лунной поверхностью под нами простирается озерное дно, где норки животных кажутся маленькими кратерами, а витиеватые следы – загадочными письменами. Множество рачков самого замысловатого вида проплывают перед иллюминатором, напоминая космические кораблики. Рыбка голомянка, удивленная светом прожектора, парит как бабочка, распустив переливающиеся прозрачные «крылышки», а потом взмывает свечкой, по-змеиному извиваясь. Осторожные бычки замирают, прижавшись ко дну и распустив веером свои полупрозрачные плавнички.

...Мы снова остановились, чтобы взять пробы грунта, и нас сразу окутали клубы ила, которые, как в замедленном кино, не торопясь поднимаются со дна. Разбегаются в разные стороны испуганные рачки. Вновь заработали манипуляторы. Плавно пройдя вдоль склона, мы двинулись к вершине Академического хребта. Склоны, усыпанные галькой, напоминают, что когда-то, миллионы лет назад, здесь была суша.

Приятно удивляет обилие необычных глубоководных белых и голубых корковых губок. Нам удалось захватить манипулятором несколько камней с губками на радость собратьям-биологам.

...Время пролетает незаметно, и нам пора останавится на обед. За время пребывания под водой в аппарате стало прохладней, и горячий чай не помешает. Во время обеденной стоянки местность вокруг аппарата пустеет – большинство местных обитателей попряталось от света, и лишь крупный рыжеватый, философски настроенный акантогамарус раздумчиво бродит в освещенном прожектором пространстве. Его не может отвлечь даже примчавшийся откуда-то более светлый собрат, попытавшийся затеять драку. Получив резкий отпор, он также быстро скрывается во мраке, как и появился.

...Двигаемся дальше по склону, останавливаясь для того, чтобы захватить камень или кусок древней породы. Чем ближе к вершине Академического хребта, тем меньше встречается живности, зато чаще попадаются мальки голомянки. На вершине, на глубине 237 м, встречаются только очень мелкие рачки.

...20 ч вечера – нам пора всплывать. Дойдя до нужной точки и пос-

Образцы, добытые со склонов Академического хребта, академику М. И. Кузьмину пришлось рассматривать уже при свете фонарей

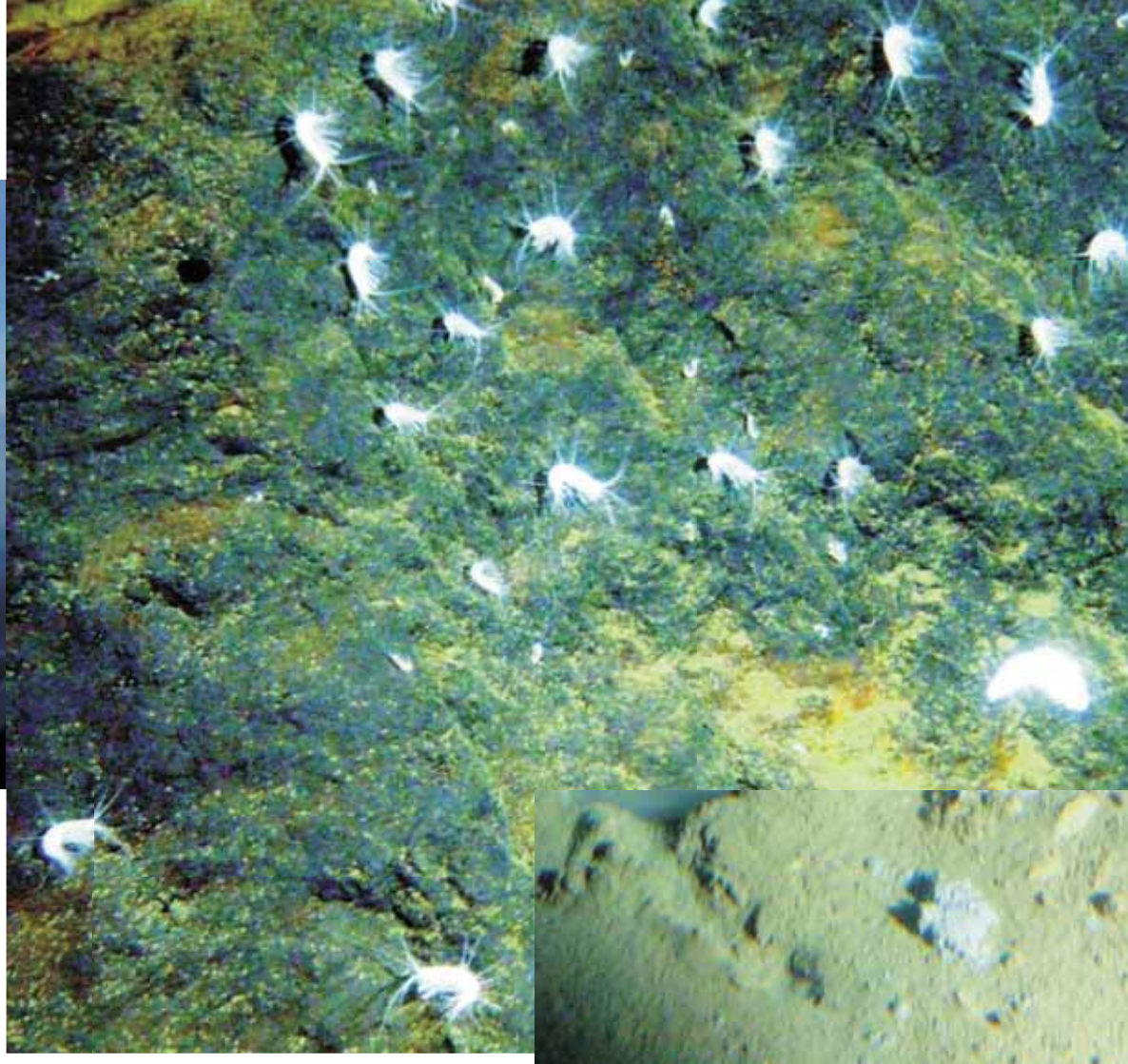
Один из необычных пассажиров МИР-1 – председатель Правительства РФ В. В. Путин. С глубины 1395 м он сообщил: «Погружение проходит отлично, за иллюминатором замечательный вид. Вижу дно Байкала, оно чистое и красивое». Поднявшись на поверхность, добавил: «Ничего подобного раньше не испытывал. Это особые чувства и особые ощущения».
На фото – В. В. Путин и заведующий лабораторией эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов института океанологии РАН д. т. н. А. Сагалевич

тояв минут десять для откачки балласта, отрываемся от грунта. Вновь за окошечком стремительно уносятся перламутровые рачки и частички «снега», вода светлеет. И вот мы уже на поверхности. Еще не успев подняться на палубу, мы уже скучаем по глубине: в душе растет страстное желание непременно побывать там еще!

Пилот старательно протирает скопившийся за время путешествия конденсат. Немного ожидания, и под нами вновь палуба «Метрополии», веселые лица встречающих. Открываем люк, на секунду закладывает уши. Вот мы и дома! Лимнологи уже наготове: сейчас начнется разбор проб – утомительное, но очень ответственное дело, ведь оно сможет еще немного приоткрыть дверцу в подводный мир самого глубокого и таинственного озера планеты.

К.б.н. А.Д. Фирсова,
сотрудник Лимнологического института СО РАН

Загадочная «голубая» губка.
Фото В. Короткоручко



Уникальные подводные байкальские пейзажи из окна иллюминатора.
Фото М. Усольцевой (ЛИН СО РАН)

Манипулятор «МИР-2» захватывает геологический образец со склона Академического хребта.
Фото из архива Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Л.И. МАЛЬЦЕВ

На гребне угольной волны

Разговоры о необходимости перевода энергетики с газового и мазутного топлива на угольное ведутся уже многие годы. Действительно, запасов угля на Земле несравнимо больше, чем нефти и газа. С другой стороны, например, в США газ стоит в пять раз дороже угля, да и в России период искусственно заниженных цен, который иногда называют «газовой паузой», подходит к концу. В ожидании окончания этой паузы в Новосибирске совместными усилиями производственников и ученых СО РАН разработан и успешно внедряется эффективный метод использования «жидкого угля».

Осенью этого года авторы разработки удостоены сразу двух наград: серебряной медали IX Московского международного салона инноваций и инвестиций и Большой золотой медали выставки СибПолитех-2009

МАЛЬЦЕВ Леонид Иванович – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 100 научных работ и 15 патентов

Новосибирские ученые разработали принципиально новые топочные устройства для сжигания «жидкого угля», где осуществляется низкотемпературный процесс, характеризующийся полным выгоранием топлива и пониженным выходом токсичных выбросов

Топливо бывает газообразным, жидким и твердым. Но к какой категории следует отнести так называемый «жидкий уголь», или, более точно, *ВУТ* – водоугольное топливо?

ВУТ представляет собой однородную суспензию из угля мелкого помола и воды в примерном соотношении 2:1, а также небольшого количества пластификатора, используемого для изменения некоторых характеристик суспензии (текучести, стабильности и т.д.). Достоинств у этого вида топлива много: оно не взрывоопасно, его можно транспортировать по трубопроводам на дальние расстояния, при этом затраты на хранение невелики. Относительно дешевое ВУТ может частично или полностью заменить дорогостоящий мазут.

Но главное, что степень выгорания горючей массы «жидкого угля» достигает 95–99%, а это чуть ли не вдвое больше, чем при обычном сжигании сухого угля. При этом КПД котлов возрастает до 80–85% по сравнению с характерными для твердого угля 40–50%. Кроме того, при сжигании ВУТ значительно снижаются вредные выбросы оксидов азота, угарного газа и частиц летучей золы.

Есть у «жидкого угля» еще одно достоинство: его можно производить из отходов обогатительных фабрик – коксующихся углей и антрацита. Например, при обогащении коксующихся углей на одной только Кемеровской обогатительной фабрике ежедневно образуется более 1000 т отходов. При производстве ВУТ экономия двойная: вы получаете дешевую энергию и при этом не тратитесь на утилизацию огромной массы отходов.

Забытое старое

Технология сжигания угля в виде водоугольного топлива теоретически известна давно, но довести ее до практического применения оказалось очень непросто. Исследования по проблемам производства ВУТ из различных углей, его хранения, транспортировки и сжигания ведутся начиная с 60—70-х гг. прошлого столетия.

Помимо разработки теории делались попытки использования ВУТ в котлах на опытных производствах. Этим занимались как известные отечественные научные школы (среди них – Институт горючих ископаемых (Москва), ВНИИПИ «Гидротрубопровод» (Москва), Энергетический институт им. Кржижановского (Москва)), так и научные коллективы в США, Канаде, Италии.

Сегодня в мировые лидеры этого направления выдвинулся Китай, где работают три научно-исследовательских центра и шесть заводов по производству ВУТ. Поднебесная уже поставляет «жидкий уголь» танкерами в Японию.

Впрочем, китайский пример скорее исключение, чем правило: широкого тиражирования в мире технология ВУТ не получила. Но в последние годы о ней вновь заговорили. В 2007 г. в Конгрессе США прошли слушания по вопросу применения «жидкого угля» в качестве одного из базовых энергоносителей в национальной энергетической программе.

Для малой энергетики

А как обстоит дело с «жидким углем» в нашей нефтяной империи?

В СССР и России технологию ВУТ пытались внедрить на объектах большой энергетики. Так, ВУТ, произведенное из кузнецкого угля, транспортировали из г. Белово по трубопроводу длиной 262 км до новосибирской ТЭЦ-5. Вопросами получения композитного жидкого топлива из низкореакционных углей, торфа и отходов нефтепереработки занимались сотрудники НГТУ и «Новосибирскэнерго», а в НПО «Гидротрубопровод» была разработана технология экологически чистого топлива «ЭКОВУТ».

Однако испытания технологии ВУТ в большой энергетике принесли разочарование. Производство «жидкого угля» оказалось слишком сложным и затратным, при том что фракционный состав и характеристики конечного продукта были нестабильны. Ресурс работы сопел форсунок не превышал 40 ч, а недожог топлива составлял более 15%.

Но эти испытания имели и несомненный плюс: четко обозначились основные задачи, которые нужно было решить, чтобы довести технологию ВУТ «до ума».

Первая – разработка эффективного метода измельчения угля для получения высокореакционной стабильной пластичной массы с минимальным содержанием воды. Вторая – разработка эффективных конструкций топочных устройств и всего сопутствующего оборудования.

Эти задачи за последние три года удалось решить новосибирским ученым: Институт теплофизики СО РАН совместно с заводом стеновых блоков разработали и реализовали в опытно-промышленном варианте все основные компоненты технологии подготовки, хранения и сжигания ВУТ, пригодной для нужд малой энергетики.

Водоугольное топливо и воздух, необходимый для работы форсунки, а также воздух вторичного дутья подаются в топку котла по трубопроводам в автоматическом режиме.
На фото – д. т. н. Леонид Иванович Мальцев и директор завода стеновых блоков Игорь Вадимович Кравченко

Все дело в пузырьках

Для помола угля сибиряки используют самую обычную *шаровую барабанную мельницу*, позволяющую получать 10 т водоугольной суспензии в час с дисперсностью частиц около 100 мкм. Но это лишь начальный этап измельчения. Главная изюминка новой технологии – роторный генератор пузырьковой кавитации.

Явление *кавитации* (от лат. *cavitas* – пустота), т. е. образование в жидкости полостей, заполненных газом или паром, известно давно. Рой пузырьков в только что откупоренной бутылке лимонада или шампанского – это тоже кавитация.

Природная неочищенная вода, а тем более суспензия, не выдерживает растягивающих напряжений при интенсивном турбулентном движении в роторном генераторе. Поэтому в водоугольной смеси образуются парогазовые пузырьки в тех зонах, где жидкость испытывает растяжения, т. е. преимущественно вблизи твердых частиц.

При локальном повышении давления, пузырки схлопываются, причем скорость движения стенок этого «воздушного шарика» очень велика за счет сил поверхностного натяжения. В результате в жидкости образуются ударные волны, высокие давления (до тысяч атмосфер!) и высокие температуры.

В технике подобное явление крайне нежелательно, поскольку может вызывать разрушение движущихся в воде устройств, таких как гребные винты и т. п. Но в нашем случае «зло» оборачивается во благо. Частицы угля эффективно разрушаются и измельчаются до 50—60 мкм.

Сравнение разных методов измельчения показало, что использование шаровой мельницы экономически гораздо выгоднее, зато благодаря кавитации топливо становится более реакционноспособным. Наконец, кавитация незаменима для подготовки плотных, плохо измельчаемых видов углей. Поэтому было принято решение объединить обе технологии.

Таким образом, сначала уголь измельчают на шаровой мельнице и соединяют с водой. Благодаря добавлению специально подобранных пластификаторов получают пластичное ВУТ с концентрацией угля порядка 60—70 %, которое может сохранять свои свойства и не расслаиваться в течение месяца. Активируют топливо, пропуская его через роторный генератор, уже непосредственно перед сжиганием.

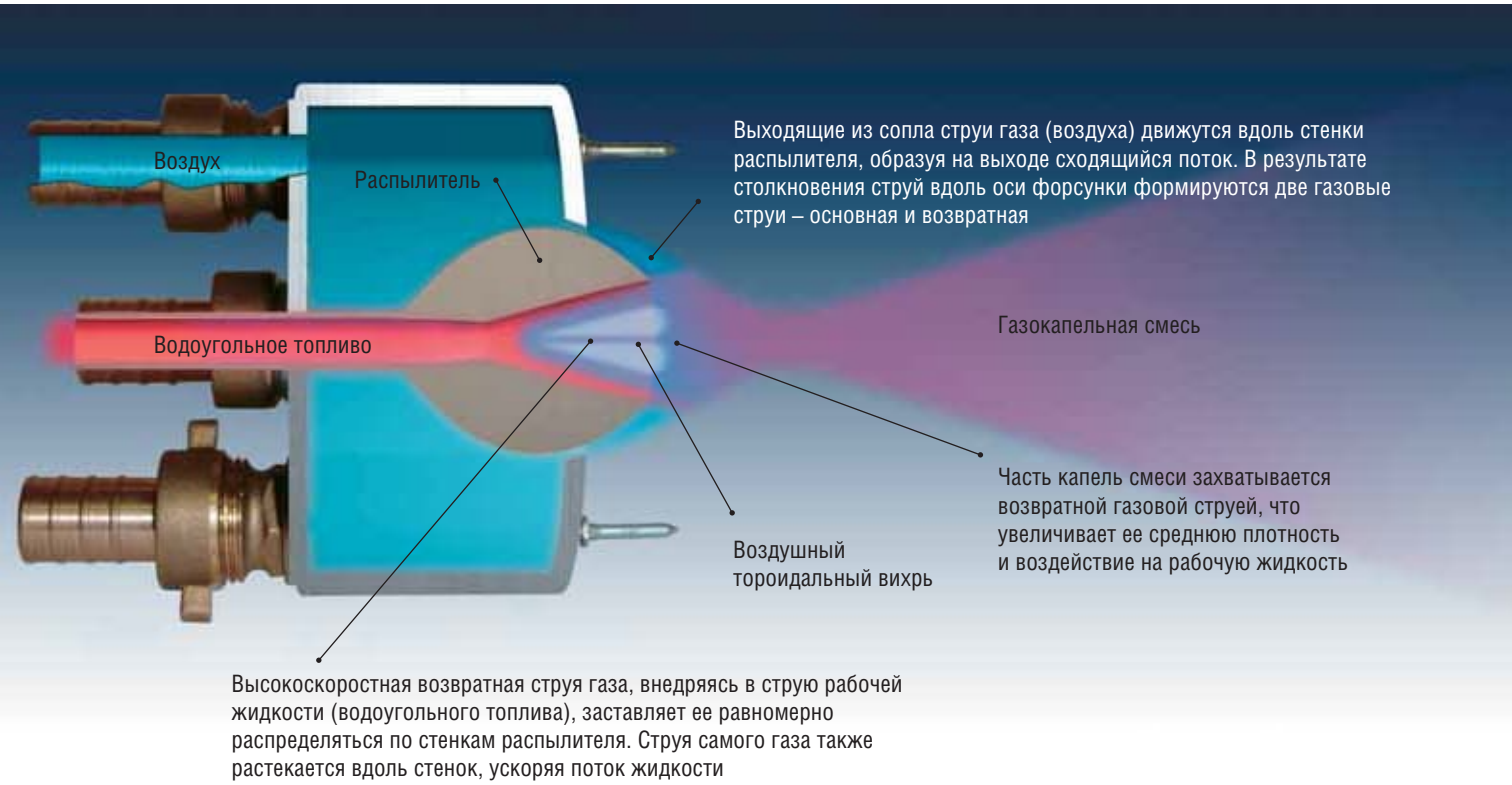
Воздушно-капельный вихрь

Получить «правильное» топливо важно, но не менее важно его правильно сжечь. В стандартных котлах заводского изготовления факельное сжигание «жидкого угля» практически невозможно, поскольку кипятильные трубы размещены там непосредственно на стенках котла, которые интенсивно отбирают тепло.

Одна из парогенерирующих установок малой мощности на водоугольном топливе, успешно работающая на заводе стеновых блоков в Новосибирске. Расход топлива и воздуха, температура и давление в топке контролируются автоматизированной системой

Решение этой проблемы известно: топку котла выделяют в автономный теплоизолированный узел без теплообменных поверхностей. В таком узле происходит и подогрев, и сушка, и сжигание топлива, а наработанные горячие газы перебрасываются из топки в теплообменную часть котла. В результате необходимая для воспламенения топлива температура поддерживается не только за счет горения, но и за счет излучения тепла от стенок самой топки.

В патентной литературе имеется ряд топочных устройств для ВУТ. Они различаются формой камер и схемой расположения *топливных форсунок* (устройств для распыления жидкости) и сопел вторичного дутья воздуха. Есть и другие решения, например возврат в топку горячих дымовых газов. Такие газы способ-



Новые технологии сжигания водоугольного топлива потребовали и создания новых устройств его подачи. В пневматической форсунке Мальцева рабочая жидкость прилипает на выходе к стенкам сопла распылителя и растекается вдоль них тонкой струей. Однако этот процесс неустойчив: жидкость может вытекать сосредоточенной струей, примыкая к стенкам распылителя то в одном, то в другом месте. Для создания устойчивого потока жидкости используется высокоскоростная возвратная струя газа. В результате взаимодействия газовой и топливной струй образуется газокапельный поток. Поскольку это происходит за пределами самого устройства, форсунка не подвергается эррозии

ствуют прогреву и сушке ВУТ и тем самым стабилизируют его горение, однако при этом они играют роль балласта и снижают эффективность использования топлива.

Новосибирцы разработали принципиально новые топочные устройства: оригинальная форма камеры горения. Оптимальное размещение в ней пневматических топливных форсунок и воздушных сопел позволили организовать вихревой воздушно-капельный поток. В результате факел заполняет весь объем камеры, и температурное поле в топке становится однородным, при том что максимальная температура – снижается.

Этот низкотемпературный топочный процесс характеризуется не только полнотой выгорания ВУТ, но и пониженным выходом токсичных выбросов, в частности оксидов азота.

Важным звеном в технологии сжигания ВУТ является форсунка для подачи топлива. Ведь, несмотря на высокую дисперсность частиц угля и видимую пластичность суспензии, ВУТ – высокоэрозионный продукт. Попытки использовать в качестве форсунки для распыления «жидкого угля» известные горелочные устройства потерпели неудачу: ресурс их работы не превышал 30—40 ч.

Поэтому форсунку тоже пришлось изобретать заново. Благодаря оригинальной конструкции взаимодействие газовой и топливной струй происходит за пределами самого устройства, и абразивного разрушения материала не происходит.

В публикации использованы фотографии М. Роговой

Дым, который образуется при сжигании водоугольного топлива, имеет характерный белый цвет. В нем почти нет сажи – несгоревших угольных частиц. Кроме того, в нем значительно снижено содержание токсичных оксидов азота и угарного газа

Проверено трижды

Основной задачей для ученых стала отработка технологии подготовки и сжигания ВУТ в котельных установках малой мощности. И она была успешно решена: на заводе стеновых блоков уже работают три парогенерирующие установки мощностью 1.5, 3 и 7 МВт. Опыт сжигания на этих установках разных топлив показал, что оптимальный диапазон температур – 800—950°С. Именно в этом температурном интервале при сжигании образуется наименьшее количество загрязняющих веществ.

Первичный разогрев топки при запуске котлов производится с использованием дизельного топлива, которое подают через те же форсунки. По достижении температуры в топке 400—450°С дополнительно подается ВУТ. Затем по мере повышения температуры котел выводится на расчетный режим работы исключительно на «жидком угле».

Сейчас на сконструированных в Новосибирске установках сжигают до полутора тонн ВУТ в час, получая в результате около 10 т пара при давлении в 10 атм и температуре до 190°С.

Таким образом, совместными усилиями Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН и Новосибирского завода стеновых блоков уже сегодня реализованы в опытно-промышленном варианте все основные компоненты модульной технологии подготовки и сжигания водоугольного топлива.

Следует сказать, что установок малой энергетики (мелких котлов) в одной только Новосибирской области около 1.5 тыс., а по всей Сибири их число превышает 60 тыс. При этом большинство работает вполсилы (КПД 45—50%). Например, результаты обследования котельных Кузбасса показывают, что расход угля «Кузнецкий» марки «Д» составляет здесь 400—700 кг/Гкал вместо нормативных 200. Переоборудование таких котельных с внедрением ВУТ на новой научной основе может вдвое повысить их КПД, при этом будет экономиться до 30—50% топлива!

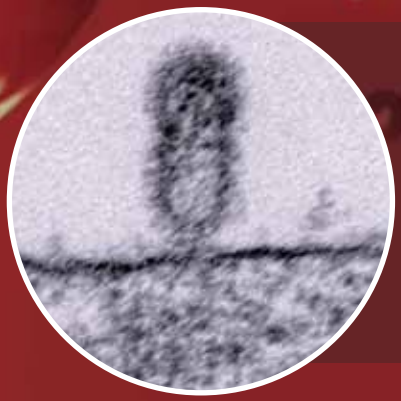
Разработка включена в качестве первоочередного проекта в программу научного и технологического развития Кемеровской области, принятую к реализации администрацией Кемеровской области и Президиумом СО РАН 3 февраля 2009 г. И это правильно: где же начинать масштабное внедрение новых технологий, как не в знаменитом угольном крае!

К слову сказать, примеру соседей последовала и администрация Новосибирской области. Будем надеяться, что это только первые шаги на пути эффективного использования угольного топлива, которым так богата наша страна.

Е.И. РЯБЧИКОВА

ВИРУС ГРИППА

подробности личной жизни



Зрение – наш главный инструмент восприятия окружающего мира и, наверное, именно поэтому невидимые существа кажутся человеку особенно загадочными, порой даже враждебными. Возможность наблюдать и изучать множество самых разных микроорганизмов появилась с изобретения микроскопа, ставшего революционным событием и неизмеримо расширившим границы мира живых существ. Развитие технического прогресса и появление электронной микроскопии с середины XX в. сделало доступным наблюдение и изучение самых мелких и поразительных организмов – вирусов. Наш сегодняшний «герой» – вирус гриппа, ежегодно убивающий на Земле до полумиллиона человек

РЯБЧИКОВА Елена Ивановна –
доктор биологических наук, профессор.
Более 25 лет занимается изучением вирус-клеточных взаимодействий и патогенеза вирусных инфекций.
В настоящее время – старший научный сотрудник Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск)
На фото – вместе с «соавтором» – электронным микроскопом просвечивающего типа Jem 1400 (фирма JEOL, Япония) (Институт физиологии СО РАМН)

Электронная микроскопия является единственным методом прямой визуализации *вирусов* – «наноорганизмов», размеры которых лежат в диапазоне от 20 до 250—300 нм. Очевидно, что столь малые размеры жестко ограничивают набор структурных компонентов организма: вирусы, по сути, представляют собой наследственный материал (ДНК или РНК), упакованный в белковый «чехол» разной степени сложности. Такая частица (*вирион*) в воде, воздухе или на поверхности предметов ведет себя как неживое образование, поэтому споры о том, являются ли вирусы «живыми», до сих пор не утихают.

Как только вирион встречается с подходящей клеткой, включается сложнейшая программа воспроизводства вируса, программа паразитизма на генетическом уровне. Проникнув в клетку, вирус «переключает» работу ее макромолекулярных систем на синтез вирусных молекул. Вирус эксплуатирует все без исключения клеточные структуры, которые обеспечивают не только синтез вирусных белков и нуклеиновых кислот, но и формирование вирусного потомства. Зараженная клетка помимо воспроизводства обеспечивает паразиту еще и надежную защиту.

Единственной возможностью остановить развитие инфекции в организме является уничтожение зараженных клеток, с чем может справиться сам организм, и что является чрезвычайно сложной задачей для разработчиков противовирусных препаратов. Решение этой задачи невозможно без изучения тонких деталей вирус-клеточного взаимодействия. В процессе своего воспроизводства вирусы используют разные структуры клетки и механизмы разной степени сложности. Так, аденовирусы формируются в ядре клетки путем самосборки, в результате которой образуются гексагональные частицы, а вирус кори «одевает» свою нуклеиновую кислоту и белки плазматической мембраной клетки.

Вирус гриппа, как и многие другие вирусы, проникает в клетку различными способами, механизмы которых до конца не изучены. И все же с помощью электронной микроскопии мы можем «воочию» увидеть многие «интимные» подробности жизни вируса в зараженной клетке.

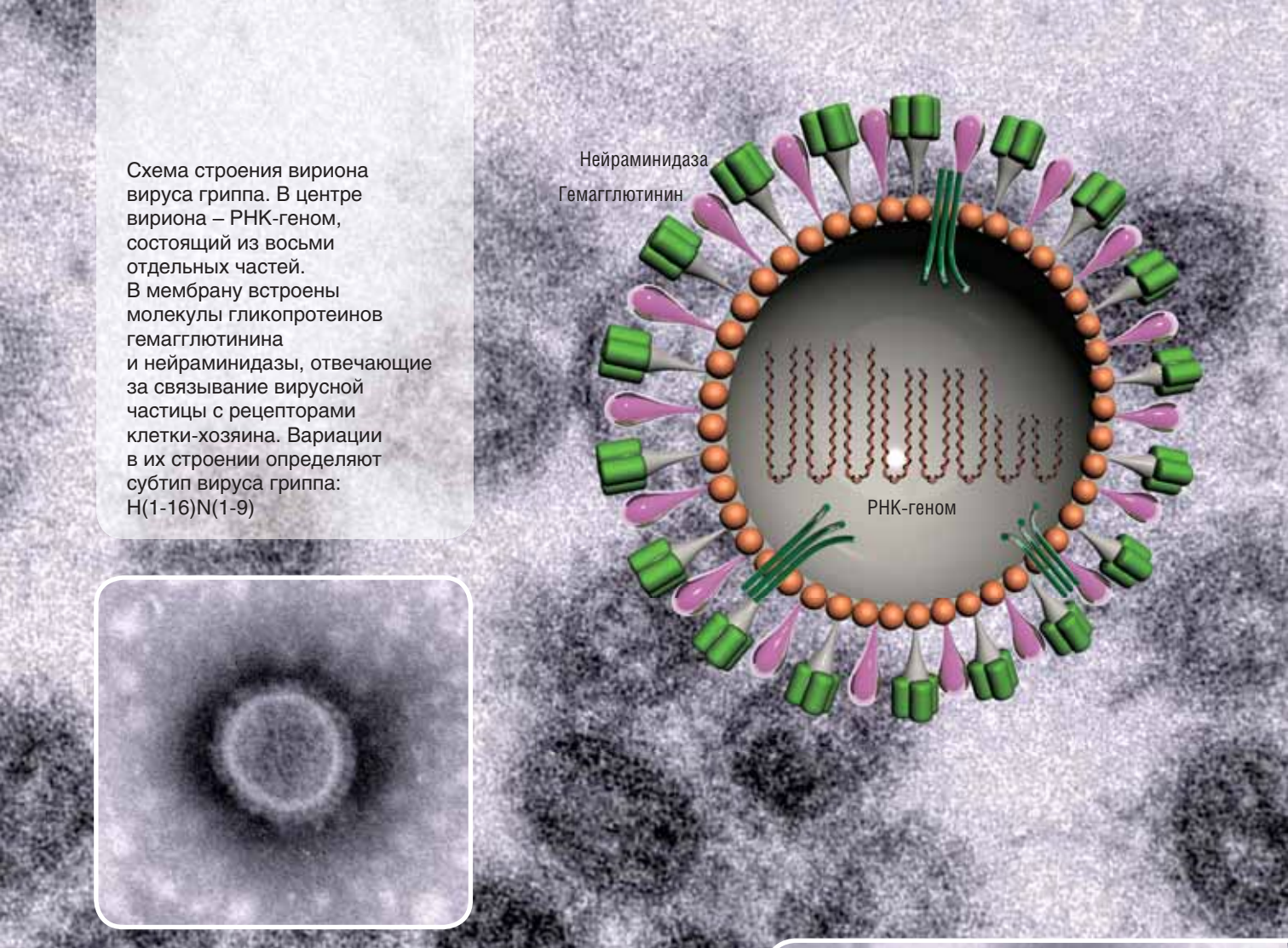
«Àíôàò è â ïðîôèëè»

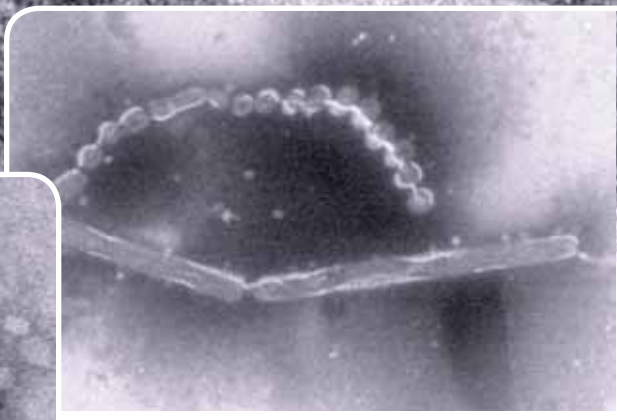
Внешне вирус гриппа выглядит как пузырек или вытянутая палочка. Под мембранной оболочкой скрывается необычный РНК-геном, состоящий из восьми отдельных частей. Поверхность щетинится шипиками, представляющими собой наружные части встроенных в мембрану белков – *гемагглютинина* и *нейраминидазы*. Именно молекулы этих двух гликопротеинов ответственны за связывание вирусной частицы с рецепторами клетки-хозяина.

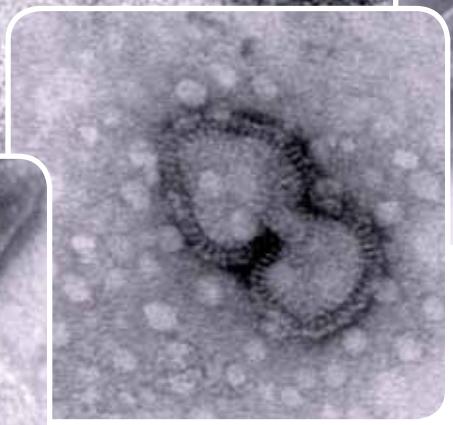
В соответствии с «классическими» представлениями, верхняя часть молекулы вирусного гемагглютинина связывается с гликопротеинами и гликолипидами плазматической мембраны клетки, а именно – с остатками сиаловых кислот, находящихся обычно на концах боковых цепей этих молекул.

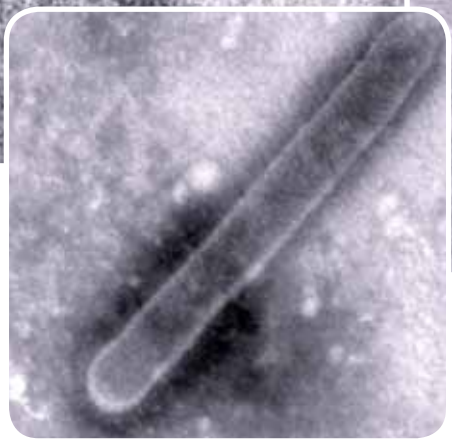
Интересно, что вирусы гриппа человека присоединяются к сиаловым кислотам, содержащим α2,6-галактозную связь, тогда как вирусы гриппа птиц – к кислотам с α2,3-галактозной связью. (Высокая специфичность

Схема строения вириона вируса гриппа. В центре вириона – РНК-геном, состоящий из восьми отдельных частей. В мембрану встроены молекулы гликопротеинов гемагглютинина и нейраминидазы, отвечающие за связывание вирусной частицы с рецепторами клетки-хозяина. Вариации в их строении определяют субтип вируса гриппа: H(1-16)N(1-9)

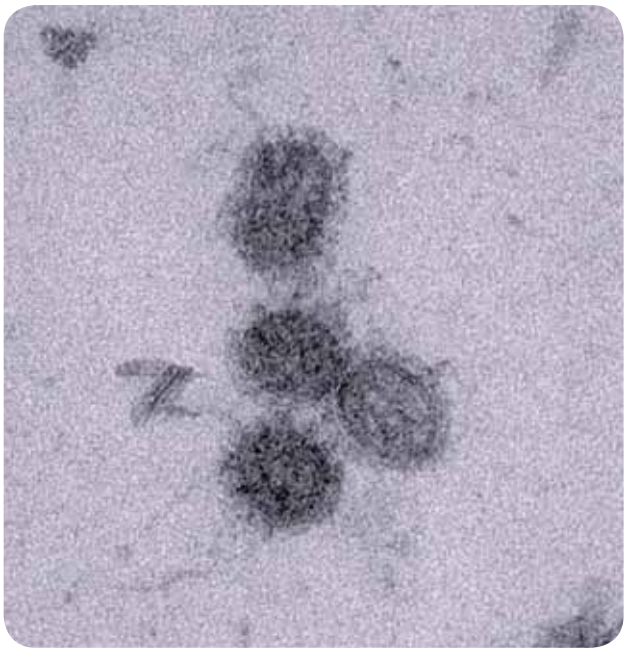








Электронно-микроскопические «портреты» частиц вируса гриппа (вирионов) в суспензии. Метод негативного контрастирования позволяет выявить тонкие детали на поверхности вирусных частиц. У вируса гриппа это, например, шипики, представляющие собой молекулы гемагглютинина и нейраминидазы.



Форма частиц вируса гриппа бывает различной. «Лабораторные» штаммы вируса в основном имеют вид шариков диаметром 100—120 нм, тогда как в препаратах вируса, выделенных от людей и животных, преобладают «палочки» и «ниточки». Ультратонкие срезы позволяют рассмотреть внутреннее строение и оболочку вирусных частиц. *На фото*: продольные (*слева*) и поперечные (*справа*) ультратонкие срезы вирионов гриппа

связывания обусловлена наличием в определенном месте молекулы вирусного гемагглютинина аминокислот лейцина или глутамина.) В клетках трахеи свиньи присутствуют сиаловые кислоты обоих типов, поэтому свиньи могут быть инфицированы как вирусами гриппа птиц, так и человека. Этот факт служит основанием считать свинью своего рода «сосудом Пандоры», где образуются новые, опасные для человека разновидности вируса гриппа.

Проникновение

Итак, первый шаг сделан: вирус связался с клеточными рецепторами. В месте связывания образуется углубление плазматической мембраны, края которого затем смыкаются, и вирус оказывается в полости так называемого *эндоцитозного пузырька*. Вообще эндоцитоз является процессом, обычным для клеток высших организмов, которые с помощью этого механизма поглощают крупные молекулы. Вирус, таким образом, эксплуатирует транспортную систему клетки, причем делает это «на законных основаниях» – «билетом» служит сам факт связывания с клеточными рецепторами.

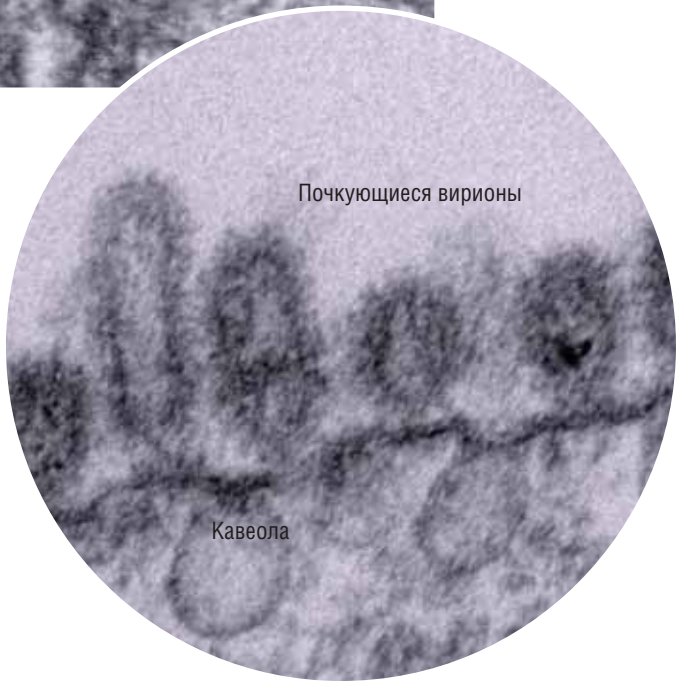
Первым сортировочным узлом эндоцитозного транспортного потока является *эндосома* – мембранный пузырь с выростами и мелкими пузырьками внутри. Несмотря на свою видимую простоту, эндосома осуществляет в клетке сложные логистические функции: она «опознает» и сортирует попавшие в нее макромолекулы, направляя их по тому или иному метаболическому пути. Однако вирусу это совершенно не нужно – он сам «знает», что делать дальше. Пользуясь тем, что внутри эндосомы среда кислая, вирусная оболочка плотно «прижимается» к мембране эндосомы и сливается с ней. В результате вирусная РНК попадает в цитоплазму – всего через полчаса после того, как вирус связался с поверхностью клетки. Кстати, препараты группы ремантадина воздействуют именно на стадию «раздевания» вируса гриппа, блокируя слияние вирусной оболочки с мембраной эндосом.

Добавим, что на стадии проникновения в клетку вирус гриппа использует еще и разные пути эндоцитоза, что повышает воздействие инфекции и позволяет с большей вероятностью избежать атаки иммунной системой.

Путь в «сердцевину»

Вирусный геном проник в цитоплазму, теперь ему предстоит путь к месту его *репликации* (размножения) – прямиком в ядро клетки. Репликация в клеточном ядре – редкое явление среди вирусов с РНК-геномом. И хотя ядро – самое защищенное место в клетке, и каким-то образом вирус гриппа научился использовать самую надежную «крышу».

Впервые почкование вируса гриппа было продемонстрировано в 1952 г. под электронным микроскопом на срезах инфицированных клеток. В момент почкования вирионы имеют удлиненную форму, на удаленном от клетки конце локализуются частицы РНП (электронно-плотные участки)



Ультратонкий срез участка плазматической мембраны, к поверхности которой прилегают сформированные частицы вируса гриппа. Показана их связь с поверхностью клетки. Колбообразные углубления на плазматической мембране – срезы кавеол (разновидностей липидных рафтов), с которыми связано почкование вируса гриппа

Попасть туда непросто: клеточное ядро надежно изолировано от окружающей цитоплазмы, и все транспортируемые молекулы проходят строгую «проверку документов» у входа в ядерные поры. В качестве «пропуска» вирусу служит закодированная в его геноме особая сигнальная последовательность нуклеотидов, идентичная клеточной.

И вот РНК вируса уже в ядре, под надежной защитой. Здесь следует отметить еще одну интересную особенность нашего «героя»: его РНК имеет так называемую негативную полярность и не способна сама по себе служить матрицей для синтеза дочерней вирусной РНК (будущего вирусного генома) и мРНК (матрицы для синтеза вирусных белков).

Поэтому в ядре зараженной клетки на матрице вирусной (–)РНК сначала образуются две формы с положительной полярностью (+)РНК. Первая – ком-

плементарная вирусная РНК (к(+)РНК), которая впоследствии служит шаблонном для синтеза дочерней (–)РНК. Вторая – информационная вирусная РНК (ив(+)РНК), которая после сложной цепи превращений с участием клеточных ферментов транспортируется в цитоплазму клетки для будущего синтеза вирусных белков. Разумеется, все эти перемещения также обеспечиваются транспортными системами клетки.

Вот теперь все основные детали для конвейера по производству миллионов вирусных клонов готовы.

Клеточная фабрика

В соответствии с законами клетки синтез мембранных белков будущих вирусов происходит на цепочках *рибосом* (клеточных белковых «фабрик»), закрепленных на *шероховатой эндоплазматической сети* – транспортной внутриклеточной системе, состоящей из полостей и канальцев. Вирусные белковые заготовки затем переносятся еще в одну клеточную органеллу – *аппарат Гольджи* – где они, как и собственные белки клетки, подвергаются гликозилированию – присоединению определенных углеводных остатков.

Готовые молекулы мембранных вирусных белков гемагглютинина и нейраминидазы объединяются и в таком виде транспортируются к внешней границе клетки специальными транспортными пузырьками, которые обеспечивают включение вирусных молекул в особые участки плазматической мембраны – *липидные рафты* (*кавеолы*).

Остальные вирусные белки, предназначенные для формирования комплексов с наследственным материалом будущего вирусного потомства (–)РНК, синтезируются на свободных полирибосомах клетки, как и положено всем немембранным белкам. Нужно сказать, что в этом смысле вирус гриппа даже «терпит» некоторые неудобства – ведь белки накапливаются в цитоплазме, а сама (–)РНК – в ядре. Поэтому вирусные белки вновь прибегают к помощи клеточной транспортной системы и проникают в ядро, где объединяются с вирусной (–)РНК, формируя *рибонуклеопротеиновые частицы* (РНП). Последние можно увидеть с помощью электронного микроскопа: РНП представляют собой палочки с «петельками» на концах.

Таким образом, в ядре зараженной клетки образовалось множество копий вирусного генома; на мембране клетки «заготовлены» будущие шипики вирусных мембранных белков – осталось собрать вместе эти детали нашего конструктора. Следующий шаг – экспорт частиц РНП из ядра в цитоплазму и далее, к плазматической мембране клетки (механизмы этого процесса еще не изучены до конца).

Финальный аккорд

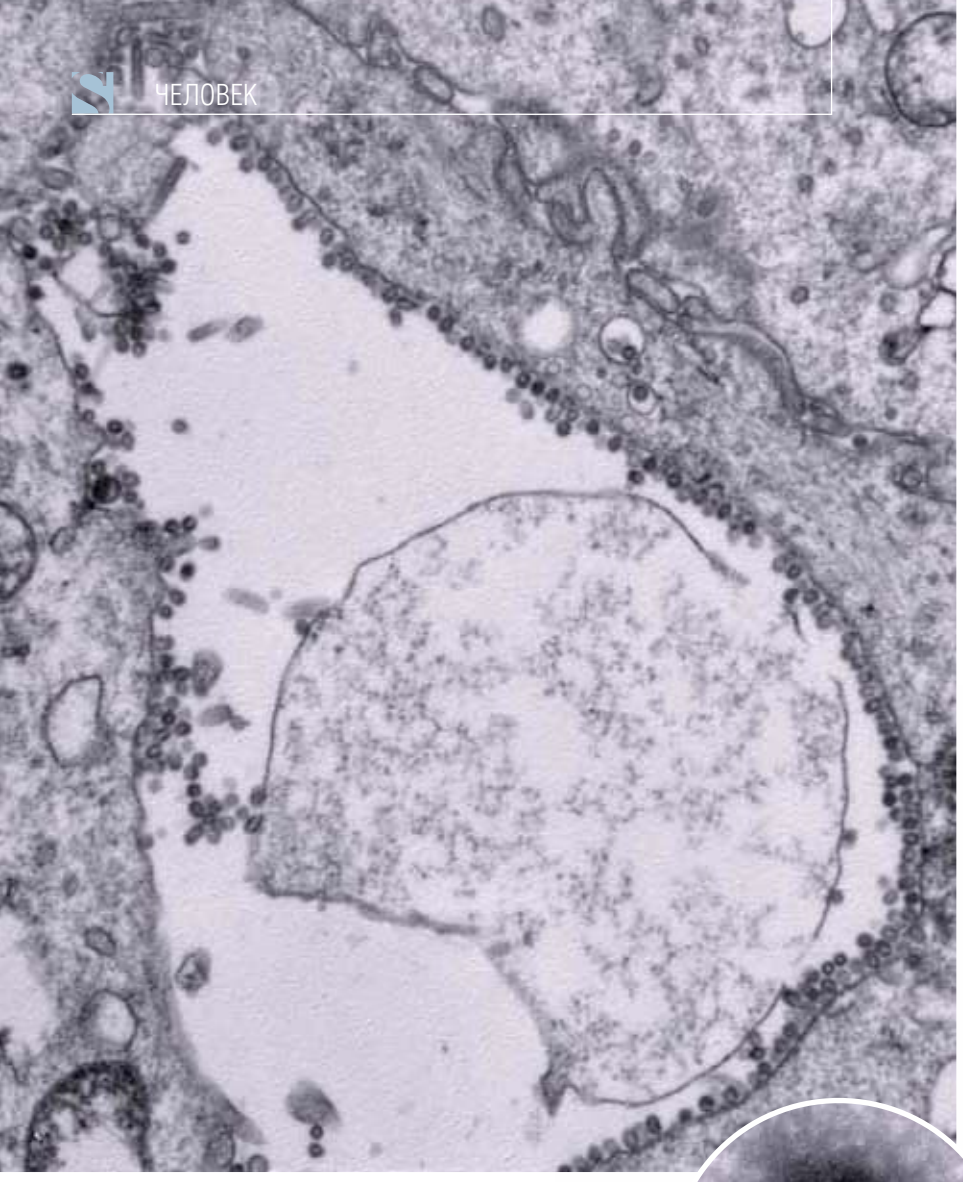
Наступает финальный этап вирусной репродукции – формирование новых вирионов. Для того чтобы это произошло, необходимо, чтобы вирусный геном – все восемь частиц РНП, а также остальные вирусные белки, встретились в строго определенном месте.

Место встречи уже «назначено» – это липидные рафты, участки мембраны, в которые включены молекулы гемагглютинина и нейраминидазы, и которые послужат для вируса платформами для сборки и почкования. Удивительно, как частицы РНП «находят» дорогу к месту почкования будущего вируса: в последние годы появляется все больше доказательств наличия у каждого сегмента вирусного генома специфичных «упаковочных сигналов».

Итак, частицы РНП – главный компонент новых вирионов – доставлены к плазматической мембране и готовы к упаковке. Благодаря действию комплекса факторов плазматическая мембрана в участке сборки вирусной частицы искривляется – начинается почкование вириона. На поверхности клетки появляются выпячивания, которые затем отделяются от клетки, и вот уже «свежеиспеченные» вирусные частицы выходят в межклеточное пространство. Чтобы они не связались вновь с «родительской» клеткой, предусмотрен специальный механизм – нейраминидаза нового вируса как метелкой отщепляет рецепторы с поверхности клетки. Действие препаратов *тамифлю* и *реленза* направлено на блокирование нейраминидазы: они подавляют отделение вирусного потомства от клетки и, соответственно, уменьшают число зараженных клеток.

Каждая зараженная клетка вырабатывает огромное число вирусных частиц, причем далеко не все из них жизнеспособны – на «сборочном конвейере» всегда возникают перебои, а производство «комплектующих» не сбалансировано. Да и сама клетка не всегда в состоянии обеспечить работу своих синтетических и транспортных систем на должном уровне. Именно поэтому вирус гриппа, как и все другие вирусы, наиболее эффективно размножается в «здоровых» клетках, что хорошо известно вирусологам, работающим с клеточными культурами.

В организме вирусное потомство оказывается в слое слизи, покрывающей внутреннюю поверхность носоглотки, и человек, чихая и кашляя, распространяет вирус с капельками слизи. Клетки, естественно, пытаются защититься от агрессора, включая механизмы *интерференции* и *апоптоза*, однако эта защита, как правило, запаздывает, и паразит успевает размножиться и заразить новые клетки. Поэтому так важно применять препараты интерферона в первые сутки (а лучше – в первые часы заболевания), чтобы предотвратить массовое заражение клеток и остановить развитие заболевания.



Почкующиеся вирионы на поверхности зараженных клеток

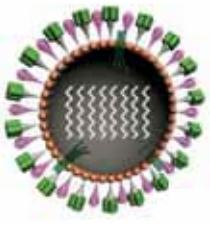
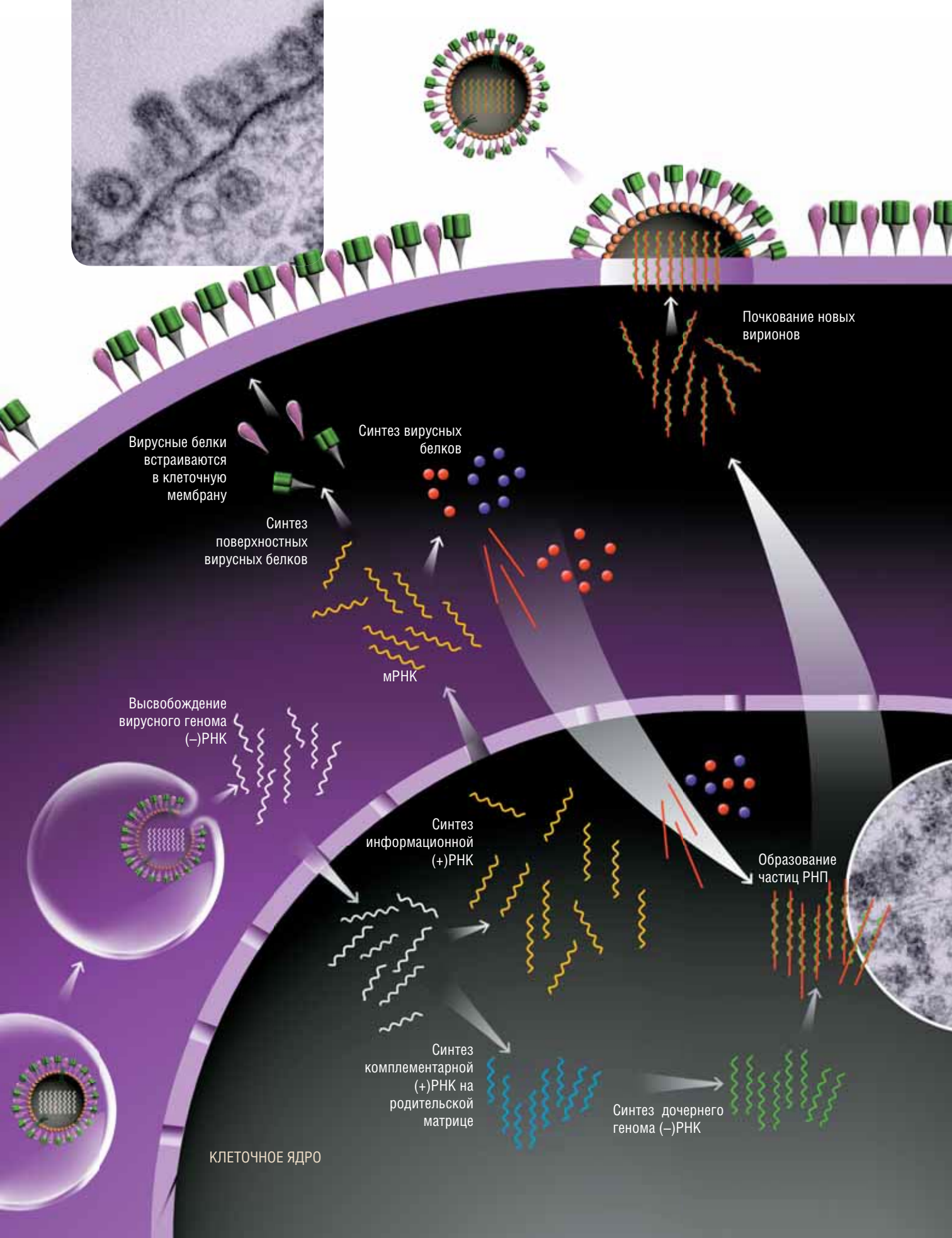
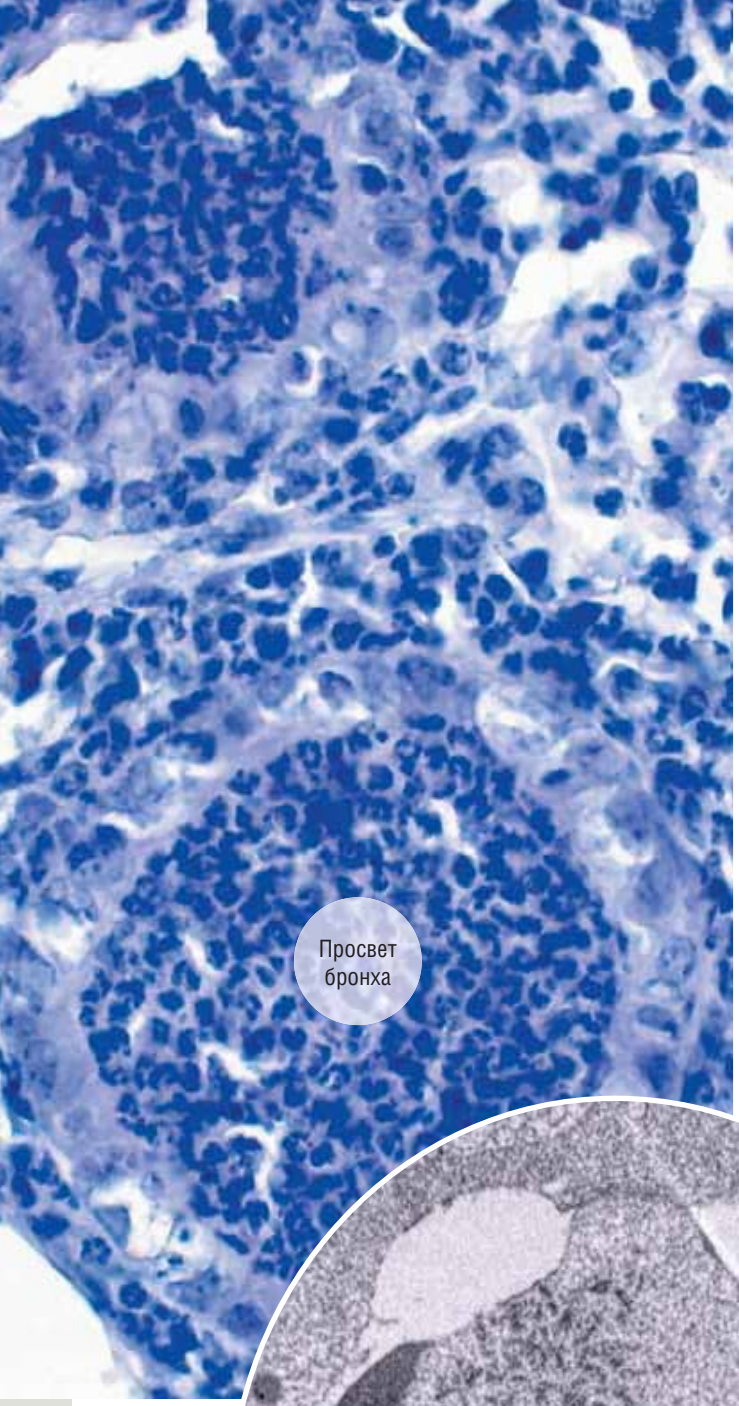


Схема репродукции вируса гриппа в зараженной клетке.
Вирус проникает в клетку благодаря механизму эндоцитоза. Вирусная РНК высвобождается и попадает сначала в цитоплазму клетки, а затем в ее ядро. Но эта (–)РНК неспособна сама по себе служить матрицей для синтеза будущего вирусного генома и РНК-матрицы для синтеза вирусных белков. Для этих целей на ней сначала образуются две формы (+)РНК. В цитоплазме на вирусной мРНК происходит синтез мембранных белков будущих вирусов, которые включаются в особые участки плазматической мембраны (липидные рафты). Остальные вирусные белки, также синтезируемые в цитоплазме клетки, транспортируются в клеточное ядро, где объединяются с дочерней вирусной (–)РНК, формируя рибонуклеопротеиновые частицы (РНП). Частицы РНП из ядра продвигаются к плазматической мембране клетки, где и происходит почкование вирусного потомства


Почкование новых вирионов
Вирусные белки встраиваются в клеточную мембрану
Синтез вирусных белков
Синтез поверхностных вирусных белков
мРНК
Высвобождение вирусного генома (–)РНК
Синтез информационной (+)РНК
Образование частиц РНП
Синтез комплементарной (+)РНК на родительской матрице
Синтез дочернего генома (–)РНК
КЛЕТОЧНОЕ ЯДРО

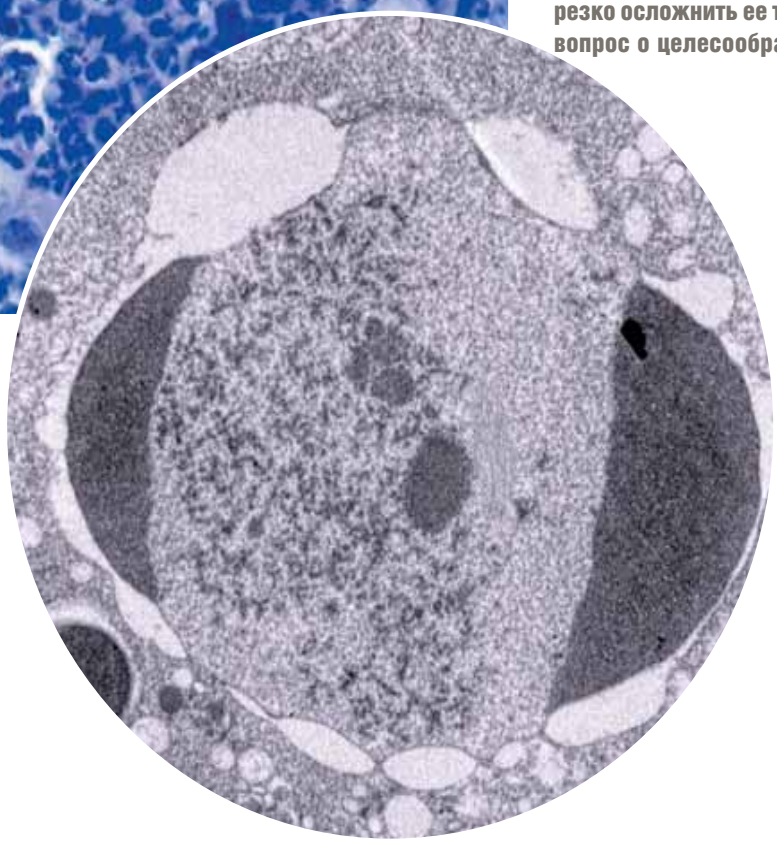


Светооптический препарат легкого мыши, зараженной вирусом гриппа. Просветы двух мелких бронхов «забиты» разрушенными клетками и лейкоцитами, клетки эпителия повреждены. В окружающей бронхи ткани легкого – интенсивное воспаление

НУЖНА ЛИ ВАКЦИНАЦИЯ ПРОТИВ ГРИППА?

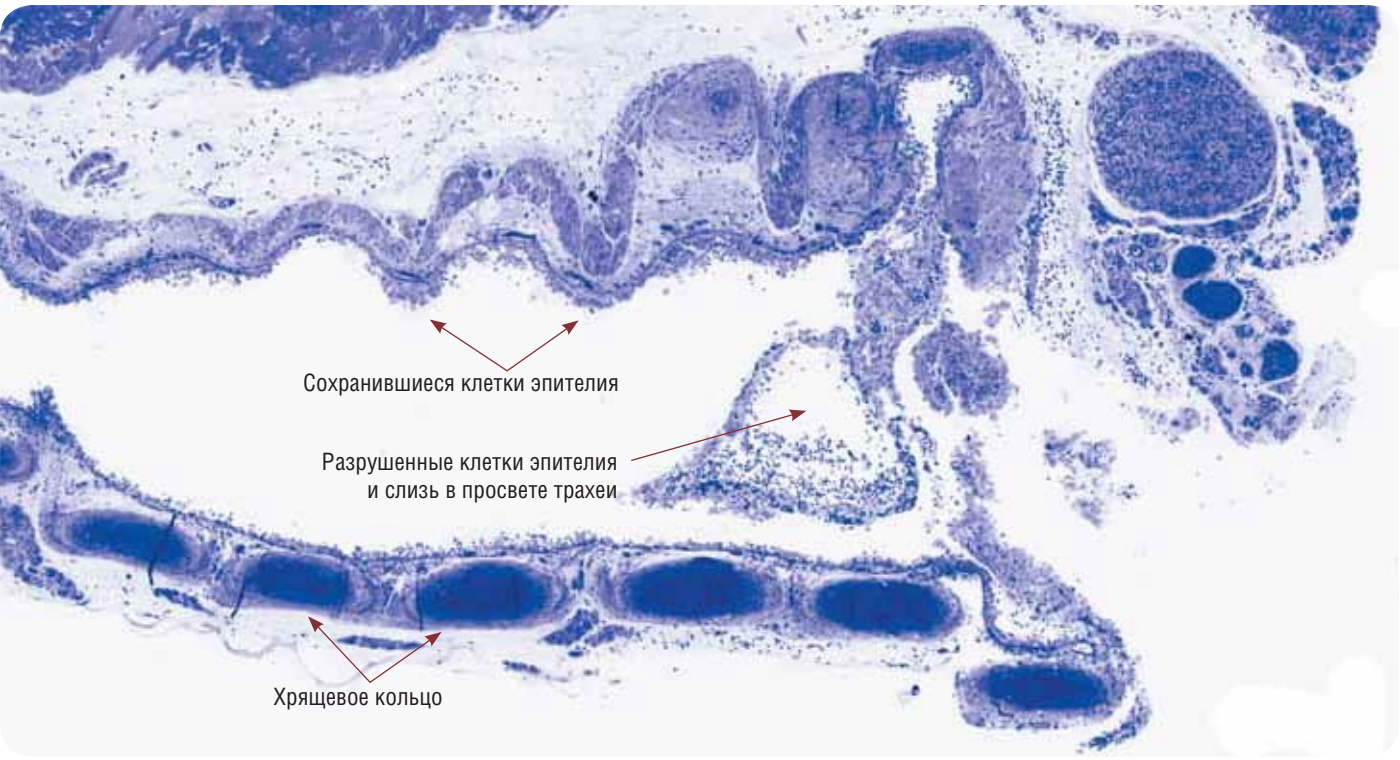
Вирус гриппа имеет «особые отношения» с иммунной системой человека, отраженные в так называемом «феномене первичного антигенного греха» (парадокс Бёркита), открытого более 50 лет назад (Francis et al., 1953) и вновь подтвержденного в последние годы. Это явление аналогично «импритингу», известному из этологии (науки о поведении животных) – образованию чрезвычайно устойчивых следов в психике после однократного переживания (например, запечатлевание образа матери у детенышей).

Дело в том, что при заражении любым вариантом вируса гриппа (или при введении вакцины) наша иммунная система всегда будет вырабатывать защитные антитела не конкретно к этому вирусу, а к тому, который встретился ей когда-то впервые. И если вновь встреченный вирус не будет тождествен «запечатленному», эти антитела не только не защитят организм от инфекции, но могут резко осложнить ее течение. Это ставит принципиальный вопрос о целесообразности вакцинации против гриппа



Апоптоз («самоубийство») ядра клетки, зараженной вирусом гриппа. На ультратонком срезе ядра клетки видны характерные «полулуния» конденсированного хроматина (остатки клеточной ДНК), в нуклеоплазме расположены вирусные структуры

В публикации использованы фотографии автора. Автор выражает благодарность Ю. Спицыной и О. Таранову (ИХБФМ СО РАН) за помощь в обработке фотографий



Светооптический препарат трахеи мыши, зараженной вирусом гриппа (полутонкий срез). За двое суток болезни вирус разрушил практически все клетки эпителия трахеи мыши (редкие сохранившиеся клетки показаны стрелками). Теперь стенка трахеи не защищена от бактериального «вторжения»

Познакомившись со сложным взаимодействием вируса гриппа с отдельной клеткой, поражаешься той виртуозности, с которой этот паразит эксплуатирует клеточные системы.

Если же перейти на уровень организма, то здесь взаимодействие вируса с хозяином определяется множеством дополнительных факторов, которые могут привести, а могут и не привести к заболеванию. Главный из этих факторов – реакция иммунной системы, и споры о том, надо ли стимулировать эту реакцию вакцинацией, не только не утихают, но становятся со временем все более острыми.

Сегодня о вирусе гриппа и его биологических свойствах известно много, однако грипп до сих пор остается болезнью, которая «проходит за неделю при лечении, и за 7 дней – без него». Такая устойчивость этого заболевания, очевидно, обусловлена почти полной невозможностью терапевтически «вмешаться» в цикл воспроизводства вируса гриппа, столь надежно укрытого в самом «сердце» зараженной клетки.

Литература

Compans R.W., Dimmock N.J. An electron microscopic study of single-cycle infection of chick embryo fibroblasts by influenza virus// Virology. – 1969.– V. 39. – 499–515.

Harris A., Cardone G., Winkler D.C. et al. Influenza virus pleiomorphy characterized by cryoelectron tomography// PNAS. – 2006.– V. 103. – 19123–19127.

Kim J.H., Skountzou I, Compans R, Jacob J. Original antigenic sin responses to influenza viruses// J. Immunol. 2009. – V. 183. – 294–301.

Leser G. P., R.A. Lamb. Influenza virus assembly and budding in raft-derived microdomains: a quantitative analysis of the surface distribution of HA, NA and M2 proteins// Virology. – 2005. – V. 342. – 215–227.

Matrosovich M., Matrosovich T., Uhlendorff J. et al. Avian-virus-like receptor specificity of the hemagglutinin impedes influenza virus replication in cultures of human airway epithelium// Virology. – 2007. – V. 361. – 384–390.

Morris S.J., Nightingalea K., Smithb H. et al. Influenza A virus-induced apoptosis is a multifactorial process: Exploiting reverse genetics to elucidate the role of influenza A virus proteins in virus-induced apoptosis// Virology. – 2005. – V. 335. – 198–211.

Noda T., Sagara H., Yen A. et al. Architecture of ribonucleoprotein complexes in influenza A virus particles// Nature. – 2006. – V. 439. – 490–492.

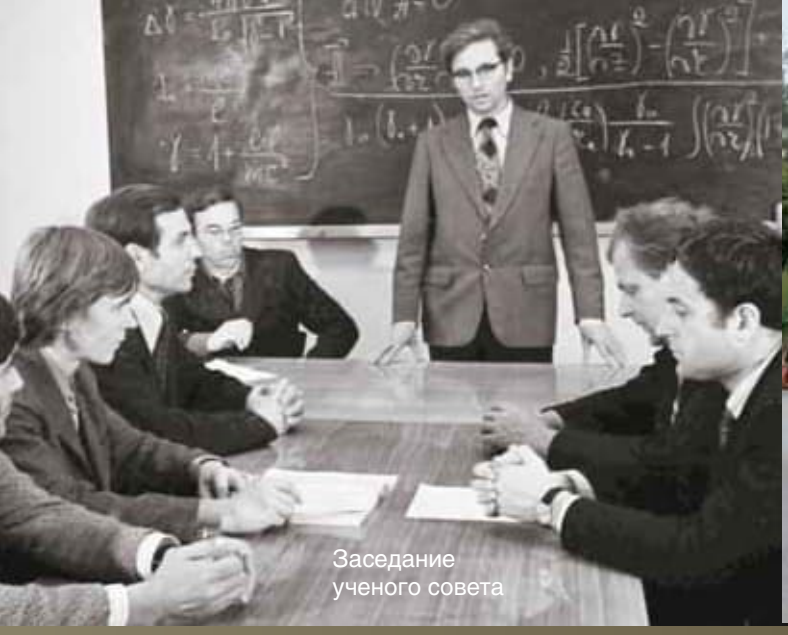
Пароходы на Ушайке

Главный корпус университета в день его посещения цесаревичем Николаем Александровичем (1891 г.)

М. В. КАБАНОВ

«ЗДЕСЬ НАУКУ

Научно-технический поход с рельсовым дефектоскопом по маршруту Томск – Москва (1939 г.)



Заседание ученого совета

БУДУТ ЛЕЛЕЯТЬ...»

СТРАНИЦЫ академической науки в Томске

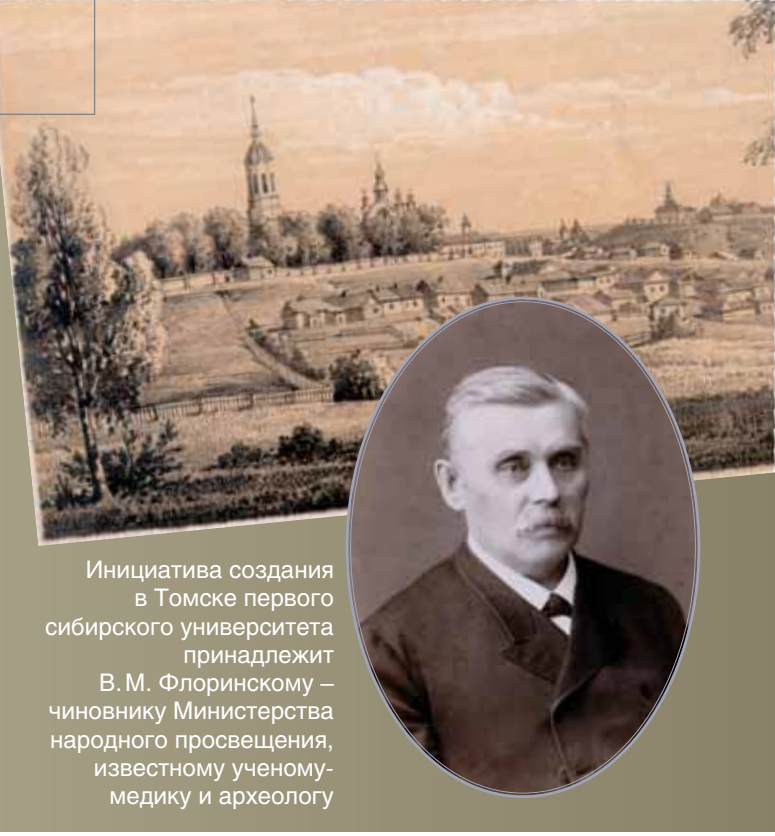
40 лет ТНЦ

В октябре 2009 г. Томск – город с 400-летней историей – отпраздновал 40-летний юбилей академической науки. Четыре десятилетия, прошедшие со дня образования здесь первых институтов Академии наук, – довольно скромная юбилейная дата. Но общепризнанная особенность Томска в том, что именно этот город стал в свое время первым форпостом науки за Уралом, откуда она начала распространяться по всей обширной территории Сибири и Дальнего Востока

Сибирское отделение Академии наук отпраздновало свой полувековой юбилей два года назад. Томский научный центр СО РАН, сегодня включающий в себя пять академических институтов, в этом году отмечает лишь сорокалетие. Почему такое беспрецедентное по масштабам для науки в Сибири событие, как образование регионального академического отделения, прошло в свое время мимо Томска – одного из старейших сибирских городов?

Чтобы ответить на это вопрос, откроем страницы недавней истории. После окончания «горячей» войны на карте мира четко обозначились две супердержавы (СССР и США), оказавшиеся в состоянии «холодной» войны, а появление атомного оружия еще более обострило военную угрозу. Было еще одно обстоятельство: спровоцированное войной революционное обновление наукоемких военных и многих гражданских промышленных технологий привело к более тесной связи производства и науки. В этих условиях географическое рассредоточение промышленности означало и рассредоточение научных учреждений.

КАБАНОВ Михаил Всеволодович – член-корреспондент РАН, профессор, советник РАН Института мониторинга климато-экологических проблем СО РАН (Томск), зам. председателя Президиума Томского научного центра СО РАН. Научные интересы: изменения климата под воздействием земных и внеземных факторов. Награжден знаком отличия «Изобретатель СССР» (1985), медалью им. Э.К. Циолковского (1998), орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2008) и др. Автор и соавтор более 350 научных публикаций, в т.ч. 19 монографий и 20 патентов



Инициатива создания в Томске первого сибирского университета принадлежит В. М. Флоринскому – чиновнику Министерства народного просвещения, известному ученому-медику и археологу

Для практической реализации идеи по продвижению академической науки в Сибирь нужны были авторитетные ученые и одновременно умелые организаторы науки, которые бы взялись за это дело. И такие люди нашлись. В газете «Правда» от 14 февраля 1956 г. академики М. А. Лаврентьев, С. А. Христианович и С. А. Лебедев предложили план по оптимизации территориального размещения научных структур, при этом вектор перераспределения научных сил точно указывал на восточные районы страны. Идею организации крупного комплекса академической науки в Сибири одобрило партийное и советское руководство страны, и многие московские ученые, согласившиеся переехать в Сибирь.

Встал вопрос о местоположении нового «научного городка». Вот как впоследствии описал предварительную работу по этому вопросу академик А. А. Трофимук: «Лаврентьев и Христианович отправились по Сибири, чтобы посмотреть, куда “посадить”... новый центр. Сначала они побывали в Томске, где их встретили неприветливо. Томичи полагали, что находятся уже на весьма высоком научном уровне и что помощь столицы им не требуется, а если уж у государства имеются деньги, то пусть оно развивает их начинания. Следующим городом стал Иркутск, где отношение к идее тоже было довольно хмурое. Там вообще недоумевали: для чего это нужно? В Новосибирск приехали, уже готовясь к нерадостной встрече. Но здесь, вопреки ожиданиям, их встретил радушный прием руководства Западно-Сибирского филиала Академии наук. Новосибирские ученые полностью поддержали идею, заверили, что окажут всемерную поддержку... Это и решило вопрос о местонахождении Академгородка».

18 мая 1957 г. ЦК КПСС принял постановление «О создании Сибирского отделения Академии наук СССР»; одновременно было опубликовано постановление Совета Министров СССР под одноименным названием. В обоих постановлениях в качестве местоположения нового «научного» городка» указывался Новосибирск.

Почему так «неприветливо» встретили томичи организаторов будущего Сибирского отделения? Во-первых, внимание руководства и строительные ресурсы Томской области в то время были отвлечены на строительство вблизи города «атомного» Северска, где располагался Сибирский химический комбинат по производству высокообогащенного урана-235 и плутония. Этот факт подразумевал определенную закрытость «научного» Томска, тогда как развитие академической науки в Сибири было невозможно без свободных контактов с зарубежными учеными. Вторая и, быть может, главная причина заключалась в том, что все ведущие томские ученые в то время работали в системе Министерства высшего образования СССР и свои дальнейшие перспективы видели в развитии вузовской науки.

Чтобы понять, как много это словосочетание – «вузовская наука – значило для Томска, нужно вернуться еще дальше в прошлое – более чем на 200 лет назад.

Ñ Âûñî÷àéøåãî Ï îâåëåíèÿ

Первая попытка посеять научно-образовательные зерна в сибирскую почву была предпринята в 1804 г., когда известный промышленник П. Г. Демидов, основатель Демидовского лицея в Ярославле, внес крупную сумму денег на строительство в Сибири первого Императорского университета. Но, как это нередко случалось в нашей стране, строительство так и не началось, причем о судьбе выделенной суммы история умалчивает.

К идее создания Сибирского университета вернулись спустя семьдесят лет, во время царствования императора Александра II. Министр народного просвещения граф Д. А. Толстой предлагал учредить его в Омске, но известный ученый и влиятельный чиновник этого министерства В. М. Флоринский добился аудиенции у председателя Госсовета Великого князя Константина Николаевича и убедил его отдать предпочтение Томску.

Во второй половине XIX в. Томск являлся богатой столицей влиятельной губернии, где можно было рассчитывать на привлечение на нужды науки и образования средств от купцов и золотопромышленников; через Томск проходила и главная транспортная (гужевая) магистраль на Восток. А петербургская газета

Томский Императорский университет – первый в Сибири! – был открыт в 1888 г.

Факультетские клиники университета (90-е гг. XIX в.)

«Новое время» в сентября 1876 г. по поводу выбора в пользу Томска писала так: «Другое дело в Томске... Там не университет пойдет за обществом, а общество за университетом... В Омске науку будут терпеть, в Томске – лелеять, ибо это будет гордость города, цвет его и слава» (Некрылова, 2009).

После семи заседаний правительственная комиссия остановила свой выбор на Томске, и в 1878 г. император издал Высочайшее Повеление об учреждении и строительстве там девятого в России Императорского университета. Его открытие состоялось через десять лет уже при императоре Александре III, сменившем на престоле Александра II, убитого народовольцами.

Долгое время в Томском университете был один факультет – медицинский. Но при этом факультет имел особый статус, сразу четко обозначенный: «Преподавание естественных наук на медицинском факультете представляет основу современной медицины... Медицинский факультет Сибирского университета может служить не только для учебных целей медицинского и естественно-исторического образования, но вместе с тем входящие в состав его учреждения по разряду естественных наук одновременно могут иметь в виду и академические задачи...» (Из письма министру народного просвещения графу И. Д. Делянову).

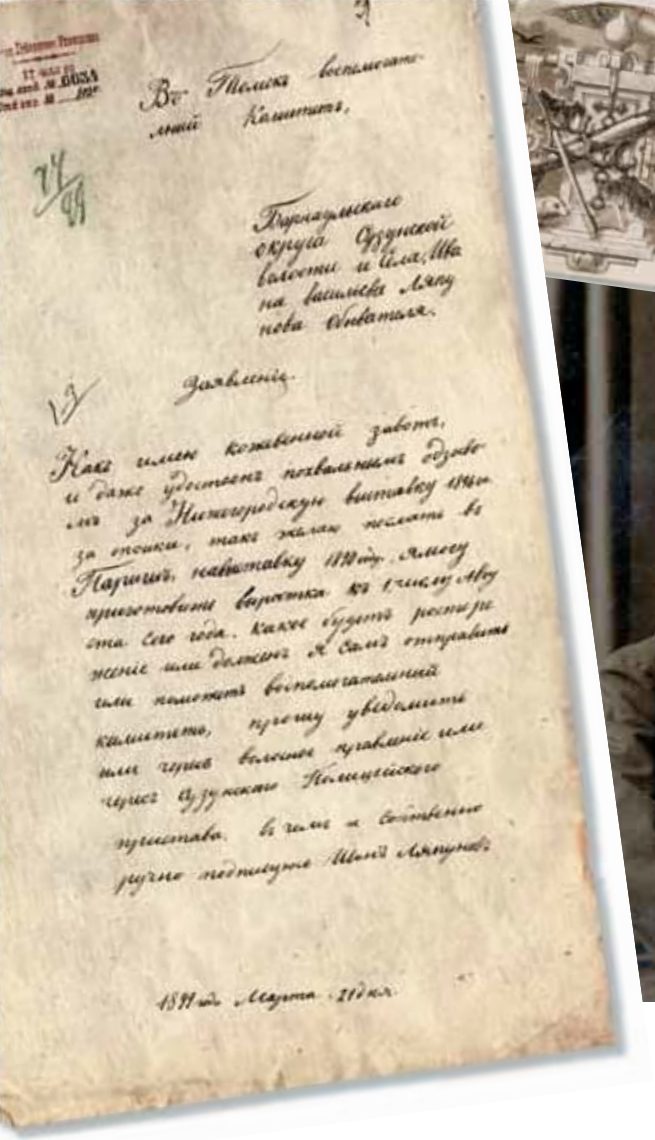
Поэтому неудивительно, что первым ректором университета стал не медик, а профессор физики Н. А. Гезехус из Санкт-Петербурга. Ректором он был всего один год, но успел сделать немало. Возглавив одновременно кафедру физики, физической географии и метеорологии, он сразу приступил к приборному оснащению физических кабинетов.

Наиболее яркое научное наследие первого ректора Томского университета Н. А. Гезехуса – редакция переводов немецкой научной классики.
В 2009 г. исполнилось 100 лет со дня публикации под его редакцией книги Э. Маха «Механика. Историко-критический очерк ее развития», где тот изложил свои философские идеи эмпириокритицизма, подвергнутые жесткой критике В. И. Лениным. Редактору русского перевода подобной книги трудно было ожидать поддержки при строе, где материализм стал государственной философией. Н. А. Гезехус умер от истощения в Санкт-Петербурге в 1918 г.

Следующий факультет – юридический – открылся только через десять лет, и лишь в 1917 г., при Временном правительстве появились физико-математический и историко-филологический факультеты. Кстати сказать, дальнейшее появление и развитие новых факультетов привело к тому, что в 1930 г. лечебный и вновь открытый санитарно-гигиенический факультеты были выделены в самостоятельный медицинский институт (ныне Сибирский государственный медицинский университет).

Êóçíèöà èíæåíåðîâ

Конец XIX в. был для России периодом быстрого экономического роста: в 1890-е гг. темпы роста отечественной промышленности превысили 6% в год;



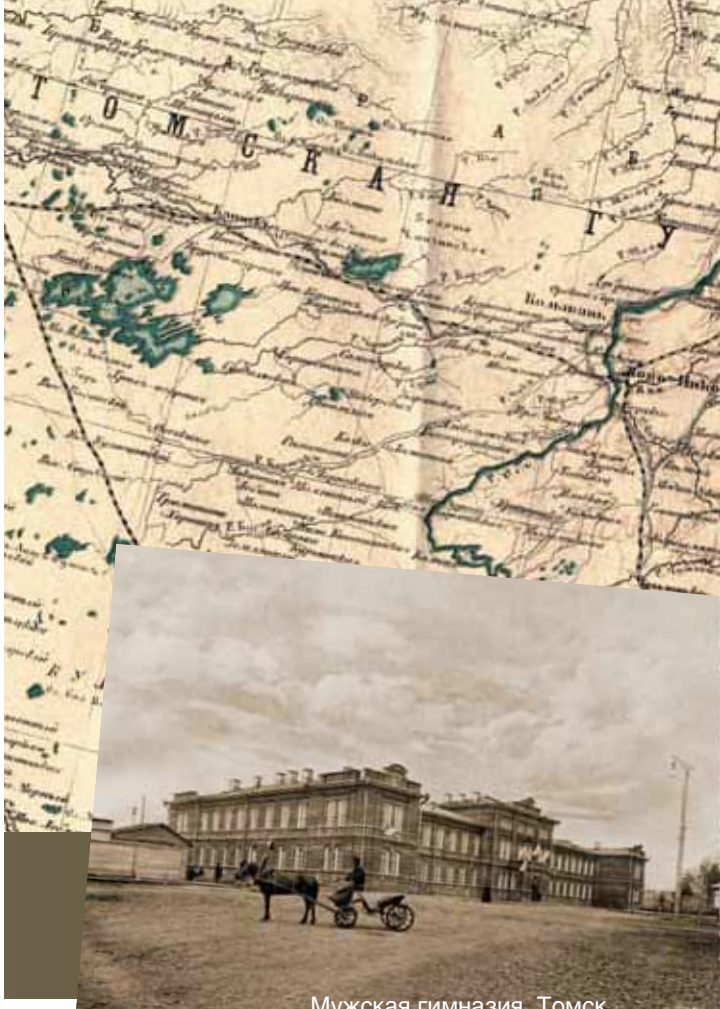
производство чугуна утроилось, добыча нефти увеличилась в 5 раз; по протяженности железных дорог Россия вышла на второе место в мире после США. В Сибири ускоренными (даже по нынешним меркам) темпами прокладывалась железнодорожная Транссибирская магистраль, способствовавшая оживлению всего промышленного производства. Острая нехватка квалифицированных инженерных кадров в этих условиях послужила причиной открытия в 1900 г. Томского технологического института – первого за Уралом технического вуза, которому было суждено долгое время оставаться и единственным на обширной территории Азиатско-Тихоокеанского региона России.

Устроителем и первым директором института стал профессор Е. Л. Зубашев. Среди первых профессоров было немало научных звезд мировой величины: Е. В. Бирон, открывший явление вторичной периодичности закона Менделеева (сам Д. И. Менделеев также принимал активное участие в организации химического отделения института), Б. П. Вайнберг – основатель томской школы физики твердого тела (в его лаборатории работал будущий лауреат Нобелевской премии по физической химии Н. Н. Семенов) и др.

Таким образом, к началу XX в. Томск превратился в крупнейший в Сибири научно-образовательный центр. Но, как известно, затем Россию захватил экономический кризис, разгоревшийся в Западной Европе; следом за которым шли Русско-японская война и Первая русская революция 1905–1907 гг. Даже последовавший за этим быстрый экономический рост (до 11 % в год в 1908–1913 гг.) не спас страну от Первой мировой войны и Октябрьской революции.

Понятно, что ни о каком дальнейшем развитии науки в Сибири в эти смутные годы говорить не приходится. Хотя именно в это время в мире был совершен ряд крупных научных прорывов, особенно в области теоретической физики:, где были заложены основы теории относительности (Эйнштейн, Нобелевская премия 1921 г.), основы квантовой механики, в том числе «принцип неопределенности» (Гейзенберг, Нобелевская премия 1932 г.), и т. д.

Во второй половине XIX в. Томск представлял собой богатую столицу влиятельной губернии



Томский меценат П. И. Макушин (первый слева) на встрече местной интеллигенции с общественным деятелем и ученым Н. А. Морозовым (в центре). Томск, 1915 г.

Мужская гимназия. Томск

НИ ОДНОГО НЕГРАМОТНОГО!

В начале XX в. подавляющее большинство сибирских предпринимателей относилось к числу мелких, но и сотня самых состоятельных деловых людей могла только завидовать капиталам Москвы, Санкт-Петербурга и Нижнего Новгорода. Происхождение сибирских состояний в литературе часто изображается самыми темными красками (от бессовестного ростовщичества до разбоя на большой дороге). Но это далеко не всегда справедливо: помогали «выбиться в люди» семейные связи, личная предприимчивость, бережливость и обязательность, жесткость и пунктуальность в сделках, бывало – и счастливый случай…

Признательность современников и потомков заслужили «просвещенные капиталисты» – сибирские купцы и промышленники, которые поддерживали науку, искусство и образование, вкладывали деньги в нужные для родного края производственные проекты. Один из таких – Петр Иванович Макушин (1844—1926 гг.) – начал предпринимательскую деятельность с книготорговли и жизненным девизом сделал слова: «Ни одного неграмотного!» Он постоянно расширял коммерцию и, работая в книгоиздательстве и переплетном деле, вовлекал в круг читателей и потенциальных покупателей книг ремесленников, крестьян, строителей железной дороги. В 1873 г. открыл в Томске Сибирский книжный магазин – учреждение регионального значения. Макушин был основателем первого в Сибири Общества попечения о начальном образовании, а в 1901 г. создал и профинансировал Общество содействия устройству сельских бесплатных библиотек-читален в Томской губернии. За 18 лет своего существования Общество открыло и затем содержало 571 библиотеку с фондом в 180 тыс. томов! Макушин также выделял деньги на стипендии студентам, на открытие Сибирских высших женских курсов, Томского народного университета и множества других общественных инициатив.

Макушин был не одинок в своих благотворительных и меценатских заботах. Знаменитый народник М. А. Бакунин, лично знавший в Иркутске некоторых купцов новой формации, писал, что у них «воля железная, и ума палата, и сердце могучее и широкое, и опытность драгоценная, и знание дела и края громадное».

(По: Зверев В. А. **«Сибирь в лицах» – Новосибирск: ИНФОЛИО, 2001)**

Первым директором Сибирского физико-технического института со стартовым штатом в 16 научных сотрудников был утвержден В. Д. Кузнецов. А первыми научными направлениями – физика колебаний и физика твердого тела, успешно развиваемая самим Кузнецовым

Отдел электромагнитных колебаний СФТИ. В первом ряду: В. Н. Кессених (в центре) и Г. М Бэрвальд (крайний справа)

Ñèáèðñêèé ôèçòåõ

Очередная веха в развитии науки в Томске – открытие Сибирского физико-технического института, состоявшееся в 1928 г. уже после образования СССР. Этот был настоящий успех томских физиков, которые шли к нему долгие годы.

Много сил и энергии вложил в дело создания СФТИ профессор физики Томского государственного университета В. Д. Кузнецов, в будущем – один из первых «сибирских» академиков. Еще в 1924 г. на IV Съезде физиков в Ленинграде было принято обращение к властям: «...В. Д. Кузнецов при крайне неблагоприятной обстановке сумел организовать в Томске оживленную научную работу, сумел привлечь к ней молодых работников и студентов и получить ряд весьма ценных результатов. <...> Принимая во внимание, что Томск является единственным крупным научным центром Сибири, мы в интересах русской физики обращаем внимание Сибревкома на крайнюю необходимость поддержать профессора Кузнецова...».

Инициатива томских физиков была хотя и необходимым, но недостаточным условием для организации нового института: определяющую роль в этом сыграл сам

Деятельность ученых в 1930-е гг. очень осложнялась политической обстановкой в стране, и научный Томск в этом смысле не был исключением.

Так, в 1933 г. профессор СФТИ В. Н. Кессених опубликовал статью о «партийности» советской науки, основанной, в отличие от буржуазной, «на мировоззрении марксизма-ленинизма, мировоззрении, на котором строится генеральная линия большевистской партии, ведущей под руководством своего вождя тов. Сталина рабочий класс от победы к победе». Он подверг критике «поход воинствующего филистера против марксизма» – своего коллеги, профессора П. С. Тартаковского по «... вопросу о так называемом «принципе неопределенности», являющемся главным стержнем идеологических извращений на современном этапе буржуазного естествознания... От открытого сопротивления связи с промышленностью, от организационной работы такого рода, когда запросы краевой промышленности с подписью «к черту» отправлялись в корзину, он перешел к принципиальному обоснованию своей линии...»

Трагикомизм ситуации в том, что через 5 лет досталось и самому Кессениху (а заодно и основателю института В. Д. Кузнецову): «...Из 14 аспирантов Кессениха 10 человек покинули институт, не защитив диссертации... На вопрос о срыве подготовки аспирантов он ответил так: "Мне дали болванов". При этом он нагло оклеветал аспирантов из числа коммунистов и комсомольцев...

Профессоры Кузнецов и Кессених медленно ликвидируют последствия вражеской работы в институте. Пора поставить вопрос перед Наркомпросом о возможности их дальнейшего пребывания в руководстве институтом».

путь, по которому пошло промышленно-экономическое развитие советской России. Дело в том, что в эти годы в политэкономических дискуссиях сторонники централизованного планирования (Госплана) одержали верх над «рыночниками», выступавшими за продолжение НЭПа. При плановой экономике приоритетным считалось развитие регионов, а не реконструкция «с меньшими издержками» старых предприятий. В результате началась масштабная индустриализация в Кузбассе и Северном Казахстане, потребовавшая новых инженерных кадров и новых научных разработок. И в этой ситуации томские вузы оказались особо востребованными.

Ученые СФТИ успешно занимались научно-практической проблематикой. В 1930—40-х гг. была решена задача повышения прочности железнодорожных рельсов в условиях сибирских морозов, создана ионосферная станция для контроля устойчивости радиосвязи, разработаны научные основы высокоскоростного резания металлов и т. п.

Кроме того, ученые СФТИ привлекались к созданию «предприятий-дублеров» в Сибири. Такое стратегическое решение по предложению Госплана было принято в конце 1930-х гг. в связи с нарастающей военной угрозой для предприятий в европейской части СССР. Эта планомерная работа была прервана начавшейся Великой Отечественной войной и срочной эвакуацией многих заводов в Сибирь.

С первых дней войны многие сотрудники СФТИ по призыву или добровольно ушли на фронт. Но 18 человек были оставлены в институте – они переключились на оборонную тематику. Создан единый городской Комитет помощи промышленности, транспорту и сельскому хозяйству, а СФТИ стал его штаб-квартирой.

В результате томские ученые начали активно работать на эвакуированных в Сибирь заводах (например, там были внедрены новые скоростные методы станочной обработки металлов). Результаты баллистических исследований использовались для повышения эффективности артиллерии, объявленной в те годы «богом войны». Были ускорены также исследования по физике твердого тела, отмеченные в 1942 г. Сталинской премией. Научные работы на ионосферной станции были ориентированы на обеспечение устойчивой радиосвязи с районами Дальнего Востока. А в томских госпиталях внедрялись новые перевязочные материалы из местного торфа и «радиощупы», с помощью которых у раненых еще до операции можно было определить, где застрял осколок.

Оборонная тематика оставалась приоритетной для Томска послевоенных лет. Рядом с городом началось строительство Северска с его химическим комбинатом по производству высокообогащенного урана-235 и плутония. А между тем в это время в стране с «передовой советской наукой» произошли большие научно-организационные перемены. связанные с образованием Сибирского отделения Академии наук ССР.

Заведующая фотоэлектрической лабораторией В.М. Кудрявцева (справа) и научный сотрудник П.С. Литвинова обсуждают результаты эксперимента (1948 г.)

Òî ìñêèå ïåðâîïðîõîäöû

Крупные капитальные вложения в академическую науку Сибири, направленные на строительство новосибирского Академгородка, сказались довольно быстро. Центр тяжести научной жизни Сибири стал все заметней смещаться из Томска в Новосибирск, который вскоре приобрел статус сибирской научной столицы практически по всему спектру научных дисциплин. Академические учреждения в разных городах Сибири постепенно стали включаться в состав Сибирского отделения с приданием им статуса региональных научных центров СО АН СССР.

В начале 1960-х гг. научные коллективы (лаборатории) при томских вузах успешно занимались научно-практической деятельностью: объемы заказов (в том числе правительственных) постоянно росли. Они также не испытывали проблем с кадрами, поскольку имели уникальную возможность пополнять свои ряды лучшими выпускниками своих «родных» вузов. Однако в вузах все больше не хватало производственных площадей даже для учебного процесса; отсутствовали перспективы и в решении жилищных вопросов научных сотрудников. И быстро растущие по численности научные коллективы столкнулись с проблемой дальнейшего развития.

В этих условиях многие ученые и даже целые научные группы уезжали в другие города, в том числе и в строящийся новосибирский Академгородок; некоторые

Институт оптики атмосферы – первый академический институт Томска – был создан в связи с назревшей необходимостью изучения протекающих в атмосфере явлений, различных по масштабам и физической природе, с использованием всего арсенала методов и средств оптических исследований.

Одна из ярких страниц истории ИОА – установка 20 мая 1995 г. на орбитальной станции «Мир» первого российского космического лидара (лазерной системы зондирования атмосферы) «БАЛКАН», созданного совместно с СКБ НП «Оптика» и НИИ космического приборостроения. Лидар осуществлял зондирование облаков всех ярусов в глобальном масштабе.

Среди успешно развиваемых сегодня научных направлений – фемтосекундная атмосферная оптика, комплексные исследования аэрозольных и газовых компонентов атмосферы над территорией Сибири, исследования состояния озонового слоя, технологии глобального моделирования в молекулярной спектроскопии. Сотрудниками Института созданы и применяются на практике лидары для дистанционного определения скорости и направления ветра, параметров турбулентности, температуры и влажности воздуха, характеристик аэрозольных и газовых составляющих атмосферы

Первенец Томского научного центра СО АН СССР – Институт оптики атмосферы – сегодня носит имя своего основателя и первого директора академика В.Е. Зуева (на фото – в центре)

В лаборатории физической электроники ИСЭ СО АН СССР: А.С. Ельчанинов, В.Я. Саженов, В.Ф. Ландль, Н. Жиров.

коллективы были преобразованы в самостоятельные научно-исследовательские институты при вузах или отраслевые институты. Высшее руководство Томска продолжало скептически относится к академическому пути развития, считая, что Томск и без того из «кузницы кадров» превращается в «кузницу институтов».

Томским «академическим» первопроходцем стал академик В.Е. Зуев, заведующий одной из лабораторией СФТИ, занимавшийся новым научным направлением «Распространение лазерного излучения в атмосфере». В то время это был самый многочисленный научно-исследовательский коллектив Томска. Численность лаборатории продолжала расти, но условия работы сотрудников при этом только ухудшались: как указывалось выше, не хватало производственных помещений и жилья.

Поэтому сразу после защиты докторской диссертации в 1964 г. Зуев пригласил на беседу своих первых «остепененных» учеников (М.В. Кабанова, С.Д. Творогова и С.С. Хмелевцова). Взвесив все «за» и «против», они единодушно решили идти по непроторенному для Томска пути – пример Новосибирска, где уже заявили о себе несколько новых институтов, был воодушевляющим.

Предпринятые меры оказались своевременными: Е.К. Лигачев, возглавивший в 1965 г. Томский обком КПСС, решительно поддержал инициативу Зуева организовать академический институт. Более того, он предложил организовать несколько академических институтов и построить свой Академгородок. К этому времени ряд ограничений, характерных для «закрытого» Томска, был снят, многие томские ученые стали «выездными», а международные конференции с приглашением зарубежных ученых можно было организовывать в Новосибирске.

Так, в 1969 г. появились первенцы Томского научного центра – Институт оптики атмосферы и Институт химии нефти, за которыми последовали Институт сильноточной электроники (1977 г.) и Институт физики прочности и материаловедения (1984 г.).

Íîâîå âðåìÿ

Первые шаги томских академических институтов были непростыми из-за ряда организационных трудностей, связанных с межведомственными барьерами, но при активной поддержке обкома КПСС их удалось преодолеть. Важно подчеркнуть, что все академические институты в Томске были созданы на базе активно работающих научных коллективов томских вузов. Поэтому стартовые темпы научных исследований в них были изначально высоки, а связь с вузовской наукой – «генетически» обусловленной.

К началу 1990-х гг. большинство институтов уже завершило строительство новых производственных

Институт сильноточной электроники СО АН СССР: идет эксперимент... *На фото:* С. Д. Коровин (слева) и Ф.Я. Загулов

Открытие в Томске Института сильноточной электроники СО АН СССР ознаменовало рождение новое научного направления, объединившего разработку методов генерирования сверхмощных электрических импульсов, потоков заряженных частиц и электромагнитных излучений, физику вакуумного и газового разряда, исследование воздействий мощных потоков частиц и энергии на вещество.

Среди разработок института – крупнейшие импульсные установки для фундаментальных исследований и отработки новых технологий; уникальные СВЧ-генераторы на основе сильноточных ускорителей «СИНУС»; источники широкоапертурных импульсных электронных пучков, использующиеся в технологиях увеличения электрической прочности вакуумной изоляции и модификации поверхности материалов (в том числе электронно-пучковой полировки металлических изделий); электронно-ионно-плазменные технологические установки, предназначенные для модификации поверхности материалов и изделий; установки серии «ВНУК» для нанесения теплосберегающих покрытий на архитектурные стекла и др.

корпусов; почти в нынешнем виде оформилась и жилая зона Томского академгородка. Но в это время экономическая перестройка в стране неожиданно трансформировалась в кардинальную перетряску не только экономических, но и политических устоев. Встал вопрос о статусе и финансировании всех академических институтов, оказавшихся «ничейными». Президенту бывшей АН СССР далеко не сразу удалось подписать у Президента Российской Федерации Б. Н. Ельцина документ о включении институтов в состав вновь созданной Российской академии наук. А между тем в разы сократившееся бюджетное финансирование и почти полное отсутствие хоздоговорного вылились в массовое сокращение работников всех академических учреждений.

В Томском научном центре особенно пострадала такая хозрасчетная организация, как СКБ научного приборостроения «Оптика», созданное в 1972 г. для разработки лазерных систем различного назначения. Но произошедший в конце 1980-х гг. обвал госзаказов поставил

Тяжелая зуунбаянская нефть (слева) и полученная из нее «синтетическая» нефть (справа)

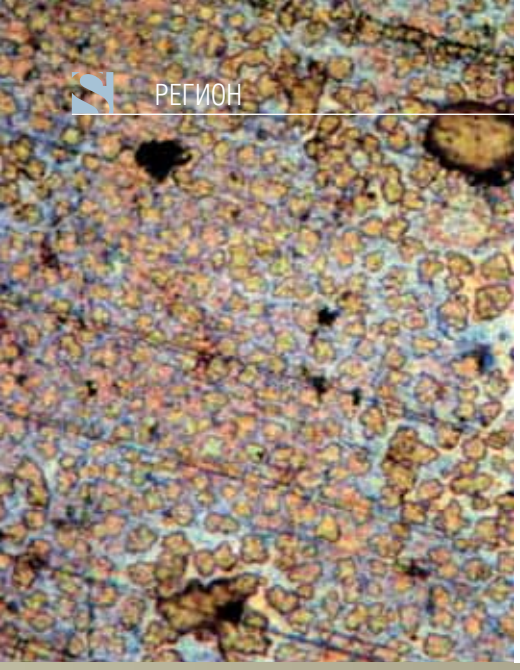
Стендовая проточно-циркуляционная каталитическая установка для конверсии углеводородов состава C_1–C_5 в жидкие продукты в Институте химии нефти СО РАН.
На фото к. х. н. А. В. Восьмериков, зав. лаборатории каталитической переработки легких углеводородов

под вопрос судьбу этого ранее успешного академического учреждения. В результате его реорганизации в 1997 г. в ТНЦ появился новый (пятый по счету) научно-исследовательский Институт оптического мониторинга (ныне – Институт мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) СО РАН). Инициатором развития климатоэкологических исследований в этом и в ряде других институтов СО РАН был тогдашний председатель СО РАН академик В. А. Коптюг, – активный участник Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.).

Сейчас ИМКЭС является признанным лидером по исследованиям природно-климатических изменений в Сибири. К слову сказать, именно изучению регионального климата были посвящены исследования, с которых и началась научная история первого сибирского университета: они проводились на кафедре физики, физической географии и метеорологии под руководством самого первого ректора Гезехуса.

Институт химии нефти СО РАН был создан для проведения комплексных исследований в области нефтехимического синтеза, химии и технологии нефти Западно-Сибирских месторождений, открытых в 1960—1970 гг. Одна из его важнейших фундаментально-прикладных задач – разработка технологий увеличения нефтеотдачи пластов физико-химическими методами. На сегодня уже созданы восемь новых промышленных технологий, которые используются нефтяными компаниями «ЛУКОЙЛ», «Руснефть» и др. Дополнительная добыча нефти с их применением за последние 10 лет составила более 2 млн т.

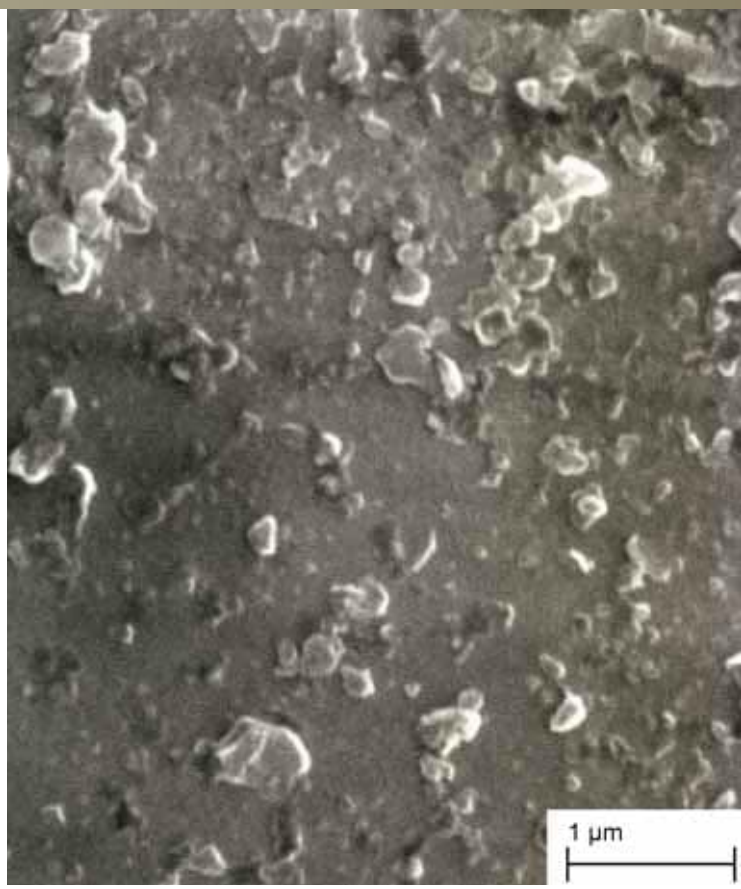
Не менее значимая задача – создание научных основ технологий, позволяющих увеличить глубину переработки нефти, улучшить качество нефтепродуктов. В ИХН СО РАН разработаны способы получения цеолитсодержащих каталитических систем (в том числе и модифицированных наноразмерными порошками металлов), получены эффективные катализаторы для процессов облагораживания низкооктановых бензиновых фракций различного происхождения



Алюминиевый лист с включениями меди и вольфрама. Взаимопроникновение металлов в результате воздействия на зону контакта электрического импульса

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН: структурные исследования

Субмикрокристаллические и наноструктурные частицы высокопрочных соединений карбидов ванадия и титана на поверхностях трения «сталь ШХ15–высокохромистый чугун»



Институт физики прочности и материаловедения СО РАН сегодня является одним из ведущих в регионе научных учреждений в области материаловедения, разработки и создания новых материалов и изделий из них.

Основное научное направление – физическая мезомеханика материалов и нанотехнологии. Учеными института достигнуты большие успехи в области моделирования процессов деформации и разрушения материалов; разработки и создания материалов конструкционного и функционального назначения; твердых сплавов, керамических и полимерных композитов, а также наноматериалов для медицинских и технических целей. Разработан ряд перспективных методов нанесения упрочняющих и защитных покрытий и модификации поверхностных слоев материалов.

На основе результатов фундаментальных исследований учеными и специалистами института создан ряд уникальных научно-технических разработок. Последнии, в свою очередь, являются основой инновационной деятельности – одного из стратегических приоритетов развития института, включающего в себя все аспекты коммерциализации технологий.

В заключение хочется добавить, что перспективы развития академической науки в Томске определяются исторически сложившимися преимуществами Томского научного центра по сравнению с другими региональными «коллегами».

В первую очередь, речь идет о наличии в Томске традиционно сильных университетов, благодаря чему «омоложение» научных кадров не является проблемой (были бы ставки и достойная зарплата!). Во-вторых, это признанная высокая инновационная активность томских ученых (например, из 37 компаний, зарегистрированных в Томской технико-внедренческой зоне, семь имеют академическую родословную). Сохранить и приумножить оба преимущества – задача нынешнего поколения ученых, которым суждено написать новые страницы истории томской академической науки.

И посадить дерево...
Питомник «Кедр» ИМКЭС СО РАН

Измерения эмиссии парниковых газов на открытой болотной топи камерным методом на стационаре ИМКЭС СО РАН «Васюганье»

Ученым из Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН удалось установить ряд закономерностей природно-климатических изменений в Сибири под воздействием гелиосферных, ноосферных, биосферных и техногенных факторов.

Уникальным полигоном для разработки научно обоснованных нормативов по лесопользованию и лесовосстановлению стал генофондовый и селекционный кедровый питомник института в Томском районе.

Среди наиболее востребованных разработок новых приборов, элементов и материалов для мониторинга окружающей среды – автоматизированные метеорологические станции на базе ультразвуковых термоанемометров, многоканальные геофизические регистраторы на базе ОНЧ-радиометров, нелинейные оптические кристаллы и др.

Автор и редакция благодарят за помощь в подготовке публикации зав. Музеем истории ТГУ им. В.М.Флоринского И.Б. Делич, сотрудников ТНЦ СО РАН к.т.н. О.В. Яблокову (ИМКЭС), к.ф.-м.н. П.П. Каминского, д.т.н. В.С. Плешанова (ИФПМ), к.ф.-м.н. О.В. Тихомирову (ИОА), д.ф.-м.н. И.В. Пегеля (ИСЭ), к.х.н. И.А. Савинову (ИХН)

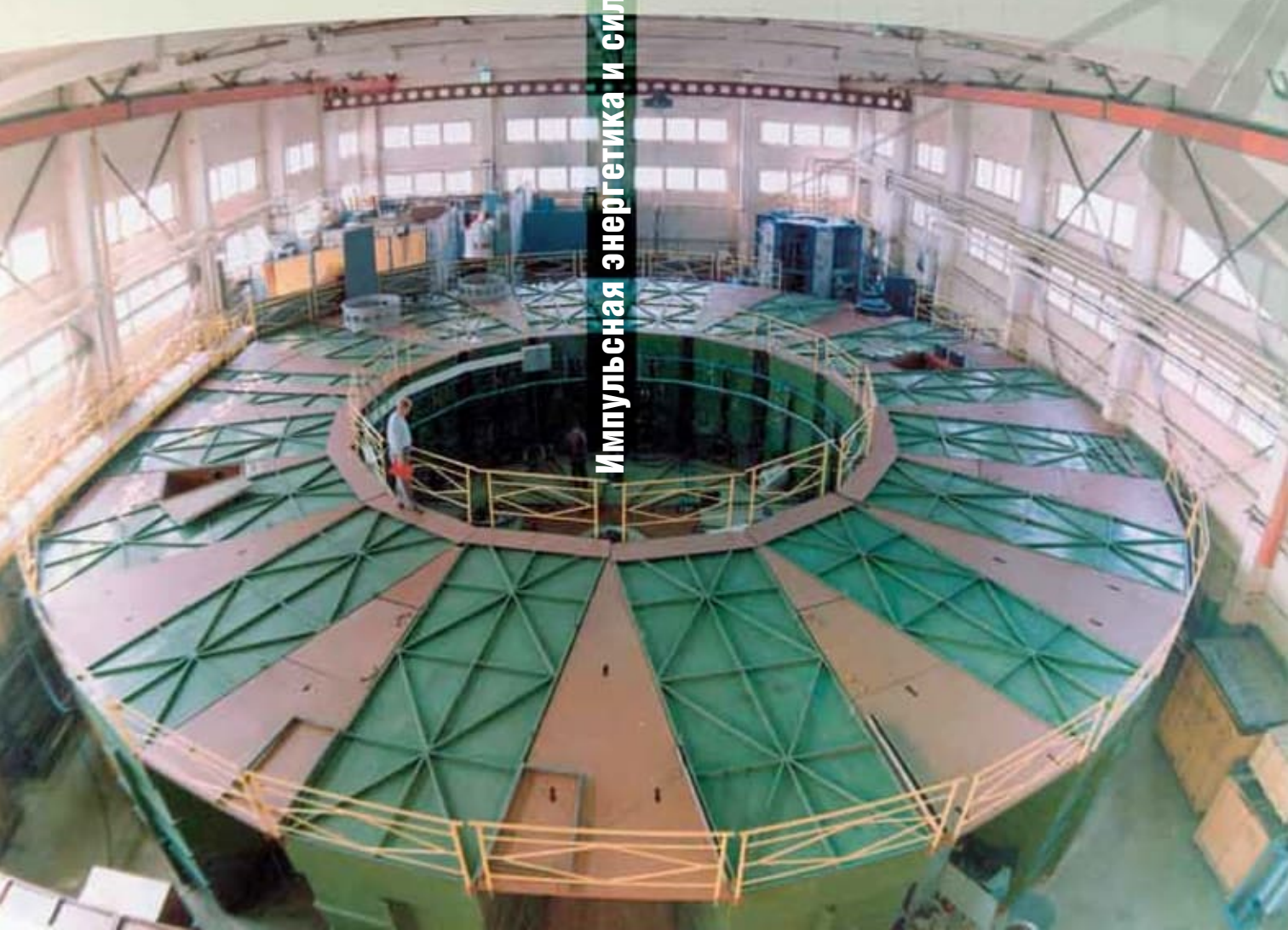
40 лет ТНЦ

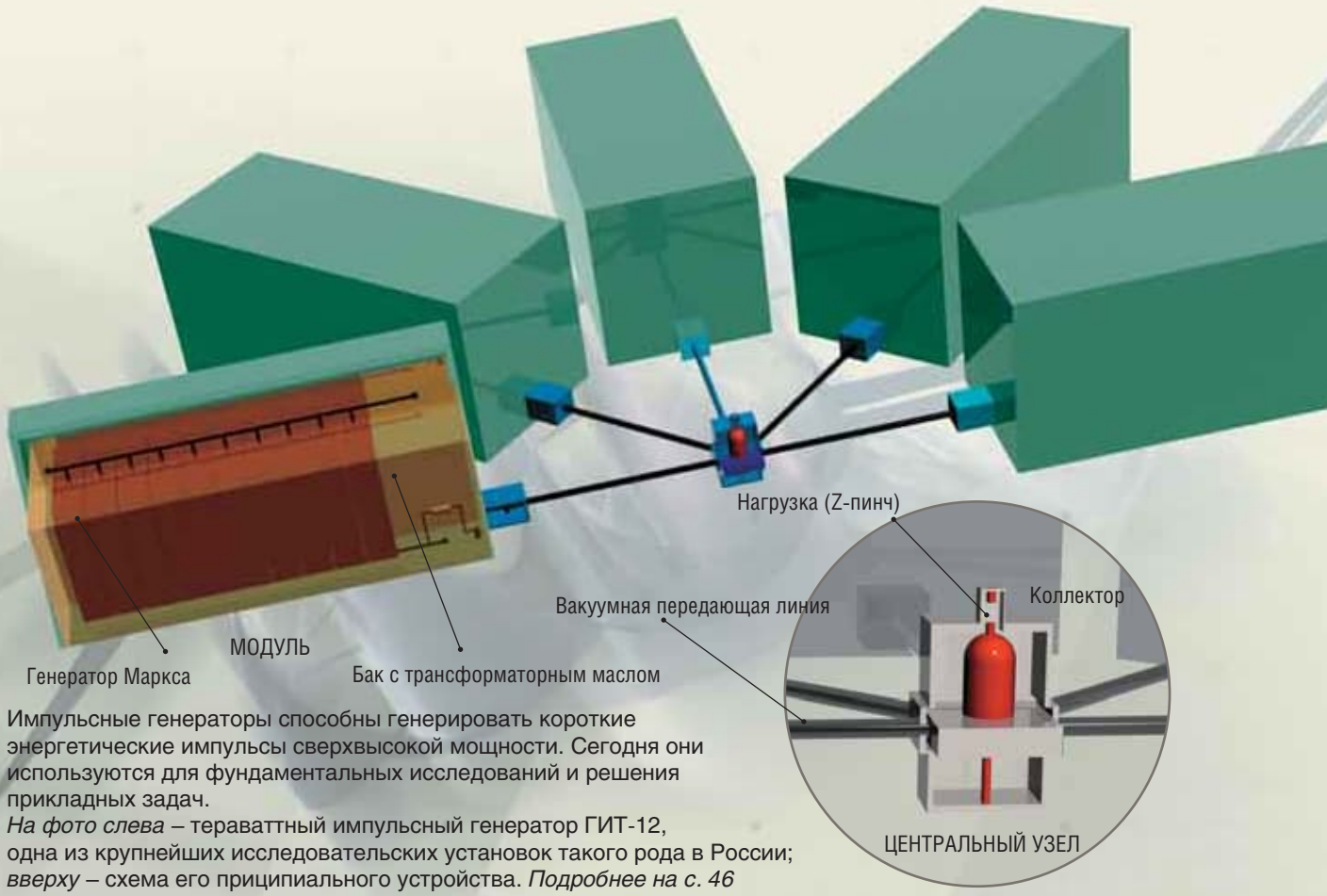
А. В. КОЗЫРЕВ, И. В. ПЕГЕЛЬ

«ЕСТЬ только МИГ...»

Импульсная энергетика и сильноточная электроника

Существует отрасль науки и техники, которая занимается всем, что связано с мощными электрическими импульсами. Ученые детально исследовали широкий спектр таких электрофизических процессов, научились их предсказывать и контролировать. И – получать электрические импульсы поистине колоссальной мощности. Термин «сильноточная электроника», введенный академиком Г.А. Месяцем, вобрал в себя обширную тематику научных исследований и технических разработок в области импульсной энергетики и электроники, электрофизики и физики плазмы. Это как раз то, чем и занимаются томские ученые из организованного Г.А. Месяцем Института сильноточной электроники СО РАН (Томск)





Импульсные генераторы способны генерировать короткие энергетические импульсы сверхвысокой мощности. Сегодня они используются для фундаментальных исследований и решения прикладных задач.
На фото слева – тераваттный импульсный генератор ГИТ-12, одна из крупнейших исследовательских установок такого рода в России; *вверху* – схема его приципиального устройства. *Подробнее на с. 46*

К присутствию электричества в нашей жизни мы привыкаем с детства и пользуемся им машинально. Электрическая энергия незаметно протекает по проводам, приводя в движение электродвигатели, оживляя электрические схемы, выделяется в виде тепла в электроплитах и чайниках, создает уют, вселяет в нас ощущение уверенности и стабильности.

Щелкая выключателем, мы не задумываемся, о том, что происходит в нем в этот момент, но недовольны, если выключатель искрит, а лампочка перегорает. Снимая свитер или гладя кошку, вздрагивая от треска искр, думаем: *статическое электричество*.

Однако это верно лишь наполовину. Статический – значит неподвижный, неизменный. Электрический заряд, накопившийся на свитере или кошачьей шерсти – статиче-

КОЗЫРЕВ Андрей Владимирович – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией теоретической физики Института сильноточной электроники СО РАН (Томск), заведующий кафедрой Томского государственного университета

ПЕГЕЛЬ Игорь Валериевич – доктор физико-математических наук, ученый секретарь Института сильноточной электроники СО РАН (Томск)

ский. Само же потрескивание, напротив, – быстропротекающее, нестационарное явление. И маленькая вспышка при перегорании лампочки или предохранителя, и искровые разряды между электризуемыми предметами – все это процессы, имеющие форму коротких импульсов. Как правило, они приводят к переходу электрической цепи из одного состояния в другое: от отсутствия тока в цепи к его протеканию или, наоборот, от разности потенциалов к их выравниванию. Подобные явления так и называют – *переходные*. Если переходной процесс через короткое время заканчивается, то его называют импульсным.

В системах производства и потреблении электроэнергии неконтролируемые переходные и импульсные процессы вредны. Впрочем, есть немало устройств, действие которых основано на импульсном принципе. Вспомним пьезоэлектрическую зажигалку, фотовспышку, систему зажигания в автомобиле.

С мощнейшими природными импульсными процессами мы сталкиваемся во время грозы.

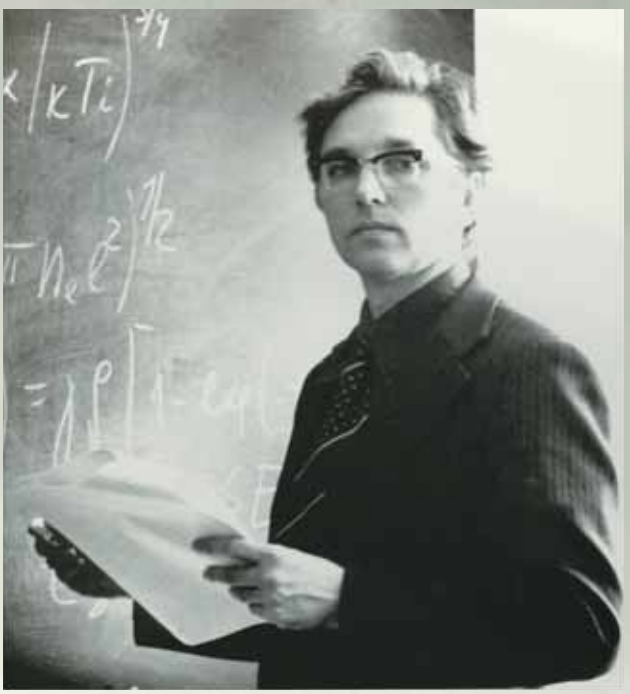
В повседневной жизни нас мало заботит, какова длительность переходного процесса при включении лампочки или какой длительности искры «генерирует» кот или шерстяной свитер. Мы едва ли задумываемся над тонкостями грозового разряда – молния уж точно у большинства людей вызывает ощущение неконтролируемой силы.

Однако существует отрасль науки и техники, предметом изучения которой является все, что связано с мощными электрическими импульсами. Ученые детально исследовали широкий спектр импульсных электрофизических процессов, научились предсказывать и контролировать их протекание. Кроме того, научились получать электрические импульсы поистине колоссальной мощности.

Íàíîñåêóíäû, ìåãàâàòòû, òåðàâàòòû

Импульсная энергетика решает задачи генерирования и преобразования коротких мощных импульсов электрической энергии. Что касается словосочетания «*сильноточная электроника*», то оно обозначает не электронику «особо точную», а электронику сильных токов. Обе дисциплины органично дополняют друг друга.

В обычной энергетике электрическая энергия вырабатывается и потребляется непрерывно. Импульсная энергетика оперирует с импульсами, длительность которых лежит в нано- или микросекундном диапазоне (миллиардные или миллионные доли секунды). Электрическая энергия сравнительно медленно запасается, а затем освобождается в виде короткого импульса с высоким напряжением и большим током. Мощность крупнейших импульсных генераторов приближается к 10^{14} Вт, или 100 ТВт (1 ТВт = 10^{12} Вт). Для сравнения: суммарная мощность всех электростанций мира составляет около 2 ТВт.



Бурное развитие сильноточной электроники и импульсной энергетики в России принято связывать с именем академика Г. А. Месяца – пионера этого научного направления, первого директора ИСЭ СО РАН, ныне возглавляющего ФИАН.
Фото конца 1970-х гг.

Токи, создаваемые импульсными генераторами, достигают десятков миллионов ампер, напряжения – нескольких миллионов вольт. Энергия в импульсе может составлять десятки мегаджоулей (для сравнения: кинетическую энергию в 1 МДж набирает тело массой в одну тонну при падении с высоты 100 м).

Для того чтобы представить длительность импульсов, формируемых сильноточными генераторами, достаточно сказать, что за одну наносекунду свет в вакууме проходит всего 30 см, за микросекунду – 300 м. А ведь микросекундные сильноточные генераторы в этой области науки уже считаются «длинноимпульсными»!

Ïî ñòóïåíÿì êîìïðåññèè ýíåðãèè

В любом импульсном генераторе присутствуют следующие элементы: накопители энергии, электрические коммутаторы (устройства для включения или прерывания тока), устройства для трансформирования тока или напряжения, линии для передачи импульсов и, наконец, нагрузка.

Два накопителя энергии, связанные друг с другом посредством коммутатора и трансформирующего устройства, называют ступенью компрессии электромагнитной энергии. На каждом шаге компрессии энергии длительность электрического импульса уменьшается, а мощность возрастает

Первоначально электрическую энергию запасают в конденсаторах. По сравнению с обычными аккумуляторами конденсаторы способны куда более быстро отдавать ее, однако проигрывают по плотности запасаемой энергии: в лучшем случае она не превышает 100 кДж/м^3. Чтобы быстро «выдать» энергию в несколько мегаджоулей, необходимо иметь уже довольно сложно устроенный конденсатор объемом в кубометры. Крупнейшие современные импульсные генераторы представляют собой установки национального уровня, а их создание требует интеллектуальных и материальных ресурсов в государственных масштабах.

Для получения высокого напряжения применяют различные способы. Можно, например, взять n конденсаторов и зарядить каждый из них до сравнительно низкого напряжения. А затем с помощью специальных коммутаторов включить все конденсаторы последовательно друг с другом. В результате напряжение также возрастет в n раз. Так работают *генераторы Маркса*. Другая возможность – использование импульсных трансформаторов.

Коммутатор – это выключатель, а точнее, включатель (в импульсной энергетике для замыкания электрической цепи и ее размыкания часто используют принципиально различные устройства). В обычном выключателе мы просто замыкаем металлические контакты. Однако так можно обеспечить, в лучшем случае, микросекундное время коммутации. За наносекунды механически сдвинуть массивные сильноточные электроды невозможно. Поэтому в мощных коммутаторах используется разряд между неподвижными электродами. Сегодня разработаны разрядники, способные надежно коммутировать мегавольтные напряжения и мегаамперные токи.

Два накопителя энергии, связанные друг с другом посредством коммутатора и трансформирующего устройства, называют *ступенью компрессии* электромагнитной энергии. На каждом шаге компрессии

Под руководством академика Б.М. Ковальчука в ИСЭ СО РАН создаются импульсные генераторы сверхвысокой мощности для фундаментальных исследований и прикладных задач, разрабатывается уникальная элементная база, необходимая для их создания. Сегодня его идеи работают или ожидают своего воплощения в крупнейших импульсных установках по обе стороны Атлантики

Этапы преобразования энергии при электродинамическом сжатии вещества так называемого «плазменного лайнера», образующегося при приложении к промежутку между двумя электродами сильноточного импульса

длительность электрического импульса уменьшается, а его мощность возрастает. Различные ступени компрессии энергии в импульсном генераторе могут работать по разным физическим принципам. Например, можно, разрядив батарею конденсаторов, «разогнать» ток в цепи, обладающей определенной индуктивностью, а затем быстро разорвать эту цепь. В соответствии с законом электромагнитной индукции, в месте разрыва возникнет импульс высокого напряжения.

Как теперь доставить сформированный импульс к месту приложения – нагрузке? При сверхвысоких мощностях это превращается в проблему. Обычные провода не годятся – при малой длительности импульса они становятся источником электромагнитного излучения, потерь энергии и сильнейших помех. Для передачи мощных импульсов используют передающие линии закрытого типа. Линии должны выдерживать без пробоя импульсные напряжения до нескольких мегавольт, чтобы понять, как они устроены, можно представить себе коаксиальный телевизионный кабель, увеличенный в поперечном сечении в сотню раз.

При транспортировке короткого электрического импульса важно сохранить как его энергию, так и форму. Поэтому среда, изолирующая линию, с одной стороны, должна быть электропрочной, а с другой – не должна обладать большой *дисперсией*, т. е. зависимостью скорости электромагнитных волн от их частоты. Малую дисперсию в наносекундном диапазоне времен имеют жидкие диэлектрики, например трансформаторное масло. Минимальной дисперсией обладают среды с малой плотностью – газ и вакуум. Однако газ является хорошим изолятором лишь под большим давлением. А вот вакуум обладает превосходными изолирующими свойствами. Кроме того, использование вакуума в установках большого объема безопаснее и зачастую технически проще. Поэтому передающие линии с вакуумной изоляцией получили в импульсной энергетике широкое применение.

Однако и вакуум имеет свой предел электрической прочности! Выполненные к середине 1960-х гг. эксперименты по пробою вакуумных промежутков четко указывали на то, что значительную роль в этом явлении играют свойства электродов, ограничивающих промежуток. Тем не менее сам механизм вакуумного электрического пробоя долгое время оставался загадкой. Но об этом немного позже.

Â ï î èñêàõ «ýêñòðè ì à»

Сильноточный импульс – желанный инструмент для ученого, исследующего вещество в условиях экстремально высокой плотности вложенной энергии. Знания о свойствах вещества при высокоэнергетических воздействиях стали особенно нужны с развитием атомной энергетики и исследований по управляемому термоядерному синтезу в связи с созданием новых видов вооружений.

Как наиболее просто вложить энергию мощного электрического импульса в вещество? Перемкнем промежуток между двумя электродами тонкостенным

металлическим цилиндром или набором тонких проволочек либо просто впрыснем газ. При приложении к промежутку сильноточного импульса протекающий ток испарит вещество, ионизует газ. Образуется так называемый *плазменный лайнер*, и далее ток будет протекать уже по нему. Сильное магнитное поле тока будет действовать на заряженные частицы, движущиеся в плазменном столбе, заставляя лайнер сжиматься к оси. На оси произойдет столкновение плазменных слоев, и их кинетическая энергия перейдет в тепловую. Явление, которое мы описали, получило название *Z-пинч* (от англ. *pinch* – сжимать; а буквой *Z* обычно обозначают осевое направление в цилиндрически симметричных задачах).

Если в качестве лайнера использовать не широкий пустотелый цилиндрик, а узкий сплошной металлический, то при его сжатии можно получить давление в десятки миллионов атмосфер! При таких давлениях плотность вещества в 3–4 раза превышает плотность исходного твердого тела (которое, согласно школьному курсу физики, считается практически несжимаемым). Теория предсказывает для такого состояния вещества, еще не получившего названия, весьма неожиданные свойства. Добавим, что вне лаборатории единственное место, где материя существует в близком состоянии, – это внутренность ядерного взрыва и ядер некоторых звезд.

Другой областью применения *Z*-пинчей стала *импульсная радиография*. В момент наибольшего сжатия вещество лайнера порождает мощную вспышку излучения в мягком рентгеновском диапазоне. Использование таких рентгеновских потоков дает уникальную возможность заглянуть внутрь плотных короткоживущих физических объектов (внутрь того же ядерного взрыва). Еще одно применение мощных рентгеновских импульсов – радиационные испытания различных устройств и аппаратуры.

Исследования *Z*-пинчей с самого начала проводились с прицелом на решение важнейшей практической задачи, стоящей перед человечеством, – получения термоядерной энергии. Известно, что осуществить управляемый (или, по крайней мере, «дозированный») «термояд» можно двумя различными способами. Первый способ предполагает нагрев и удержание дейтерий-тритиевой плазмы в течение продолжительного времени – десятки секунд. В таком режиме работает, например, *токамак* – тороидальная установка для магнитного удержания плазмы.*

Другой подход к получению термоядерной плазмы – импульсный. В миллиметрового размера дейтерий-тритиевую мишень нужно вложить энергию за столь малое время, чтобы термоядерная реакция произошла

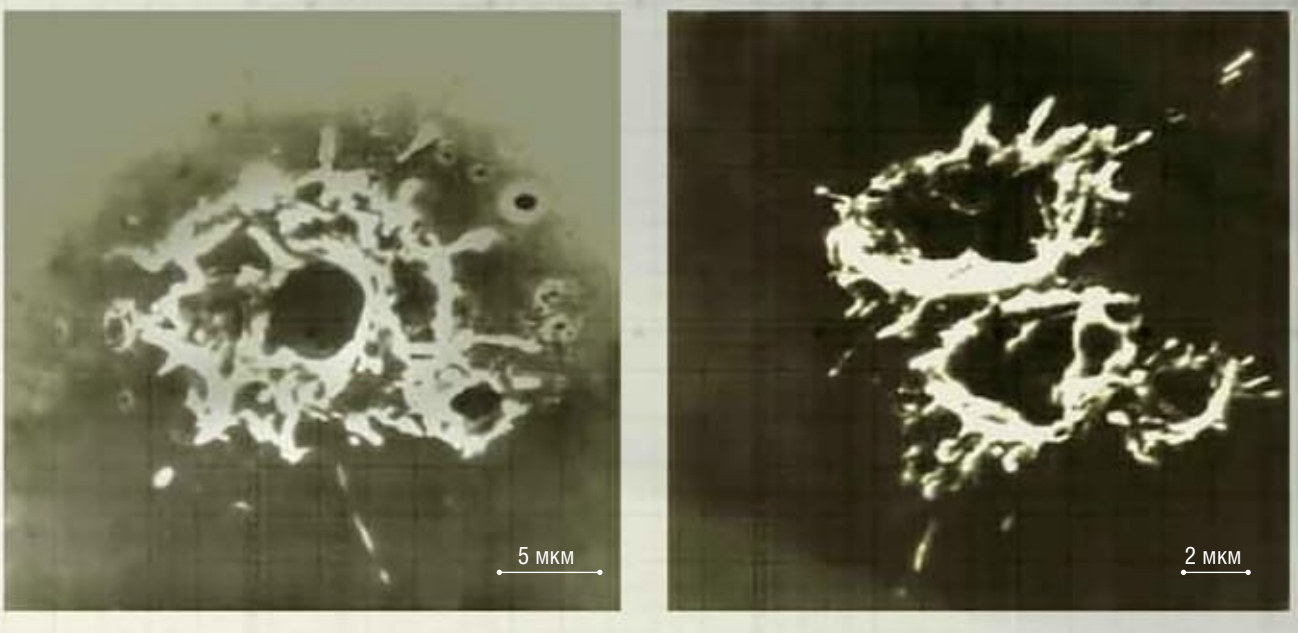
Получение сверхвысоких импульсных давлений и плотностей в веществе, его нагрев до «рентгеновских» температур, электрический взрыв, облучение материалов мощными потоками плазмы – эти и подобные физические эксперименты входят в исследование вещества при «экстремальном» энерговкладе. В ИСЭ СО РАН командой «экстремалов» руководит директор института,
член-корреспондент РАН Н. А. Ратахин

прежде, чем нагретое до огромной температуры вещество разлетится. Речь идет о периоде порядка 10 нс. Чтобы выделившаяся при реакции энергия значительно превысила вложенную, энерговклад в мишень должен составлять несколько сотен килоджоулей. При этом ввод энергии и сжатие мишени должны быть выполнены сферически симметрично.

Лучше всего нагревать термоядерное горючее мощным импульсом рентгеновского излучения внутри специальной, также миллиметрового размера, полости. В свою очередь, для нагревания стенок полости до «рентгеновских» температур эффективны два способа.

Во-первых, можно использовать мощные лазерные импульсы с мегаджоульной энергией. В мире создается несколько исследовательских лазерных термоядерных комплексов, из которых два наиболее мощных – это *NIF* в США (на этой установке уже ведутся пусконаладочные работы) и *LMJ* во Франции. В разработке прототипов импульсных источников питания для оптической накачки лазеров комплекса *LMJ* прини-

* НАУКА из первых рук, № 2, 2005, Э. П. Кругляков «Звездные реакторы»



Застывшие микрократеры на поверхности металла – последние свидетели короткой, но бурной жизни взрывоэмиссионных центров. *Фото ИСЭ СО РАН*

мал участие и Институт сильноточной электроники СО РАН (Томск).

Другой метод рентгеновского нагрева мишени основан на использовании *Z*-пинча. В этом случае мишень помещается внутрь лайнера. Этот подход по эффективности использования энергии значительно превосходит лазерный. Впрочем, для его реализации требуется создание не менее масштабной электрофизической установки. По расчетам, ток через *Z*-пинч должен составлять 60–70 миллионов ампер. Проект такого супергенератора разрабатывается в Национальной лаборатории Сандия (США) при активном участии Института сильноточной электроники. В ИСЭ разработаны LTD-ступени – базовые модули для линейных импульсных трансформаторов, сотни которых лягут в основу установки мощностью 1 петаватт (1 ПВт = 10^{15} Вт).

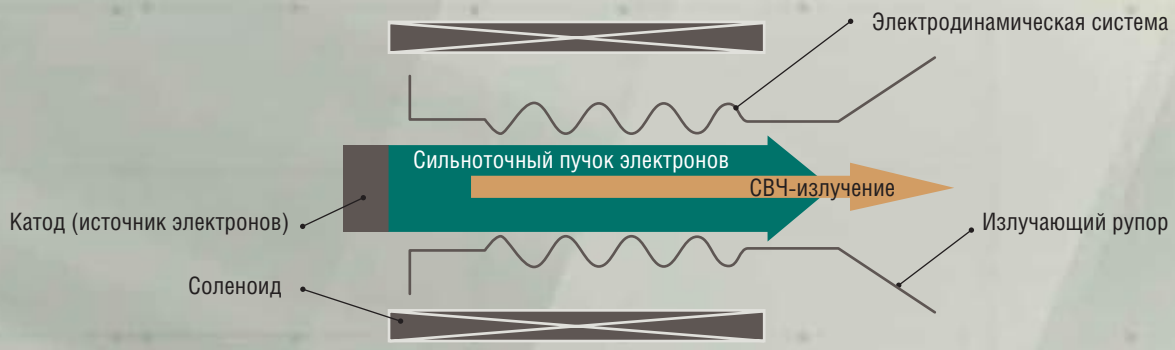
Ðîæääåííûå ìèêðîâçðûâîì

Обратимся к физическому объекту, определившему второе слово в названии «сильноточная электроника», – электрону. Сразу после создания первых мощных импульсных генераторов были предприняты попытки использовать сильноточные высоковольтные импульсы для получения электронных пучков.

Сформировать такой пучок несложно. Достаточно приложить высоковольтный импульс к вакуумному промежутку между двумя электродами, один из которых (катод) испускает электроны, чтобы получить на аноде поток ускоренных электронов с кинетической энергией, соответствующей приложенному напряжению. Однако нетривиальной задачей стало создание эффективных источников электронов – *сильноточных эмиттеров*. Ни один из известных видов электронной эмиссии, которых немало, не обеспечивал той величины тока, которую были способны выдавать импульсные генераторы – на 4–5 порядков большие!

Способ получения мощных электронных пучков подсказала сама природа, причем там, где разработчики импульсных генераторов боролись с серьезной проблемой – пробоем вакуумной изоляции. Этот способ появился после того, как в середине 1960-х гг. группе исследователей под руководством Г. А. Месяца удалось в уникальных экспериментах однозначно доказать механизм электрического пробоя в вакууме. Обнаруженный новый механизм эмиссии электронов, получивший название *взрывной эмиссии*, был официально зарегистрирован в 1976 г. как научное открытие.

Суть явления взрывной эмиссии состоит в том, что под действием сильного электрического поля, созданного вблизи металлической поверхности в вакууме, за наносекундные времена происходит термическое взрывное разрушение микроскопических неоднородностей металла. В результате микровзрывов образуется плотная плазма, из которой под действием поля и извлекаются электроны. Плазма – самый совершенный из созданных природой эмиттер. Плотность тока взрывоэмиссионных электронов может быть чрезвычайно высокой.



Заставить электронный пучок излучать микроволны можно по-разному. В генераторах черенковского типа электроны передают энергию своего продольного движения электромагнитной волне, замедленной до их скорости в несложной электродинамической системе. Магнитное поле помогает транспортировать сильноточный пучок, препятствуя его кулоновскому расталкиванию

Взрывоэмиссионные катоды позволили генерировать электронные пучки с недостижимой ранее силой тока, полностью соответствующей возможностям импульсных генераторов. На основе генераторов с такими катодами были созданы мощные импульсные лазеры, рентгеновские трубки, ускорители заряженных частиц.

Сильноточные пучки ускоренных электронов можно использовать для генерации мощного жесткого рентгеновского излучения. Технически это несложно: достаточно затормозить такой пучок на мишени из плотного материала. Рождающееся при этом электромагнитное излучение называют *тормозным*. Эффективность генерации тормозного излучения тем выше, чем больше заряд ядра атомов мишени и выше энергия электронов в пучке.

На основе сильноточных генераторов со взрывоэмиссионными катодами создано семейство импульсных рентгеновских источников самых разных мощностей и размеров – от переносных аппаратов до стационарных «монстров», позволяющих выполнять радиационные испытания крупных технических объектов.

Наиболее обширная область применения всех электронных пучков – генерация электромагнитных колебаний в радио- и СВЧ-диапазоне. Известно, что чем выше энергия электронов, тем более высоких частот можно достичь благодаря релятивистским эффектам. Использование сильноточных пучков в СВЧ-электронике позволило сразу на несколько порядков увеличить пиковую мощность излучения, при этом перейдя из метрового радиодиапазона в область санти- и миллиметровых длин волн. Возникла новая научная отрасль – *релятивистская высокочастотная электроника*.

Мощности современных СВЧ-генераторов достигают нескольких гигаватт. Это в миллионы раз больше, чем мощность бытовых микроволновых печей и в десятки тысяч раз больше мощности СВЧ-генераторов непрерывного действия, используемых в системах теле- и радиовещания. Впрочем, запечь курицу с помощью импульсно-периодического релятивистского генератора не так-то просто: его средняя мощность редко более киловатта.

Одним из основных применений импульсно-периодических СВЧ-генераторов стала радиолокация. Малая длительность импульса в сочетании с высокой пиковой мощностью позволила определять расстояние до цели с точностью до метра при дальности обнаружения 100—200 км, а высокая частота повторения импульсов – эффективно отделять мелкие движущиеся объекты от крупных неподвижных.

Другая сфера использования мощных СВЧ-генераторов – тестирование электронной аппаратуры. Не всякое электронное устройство способно сохранить работоспособность при облучении электромагнитной волной, вызываемой пробой воздуха!

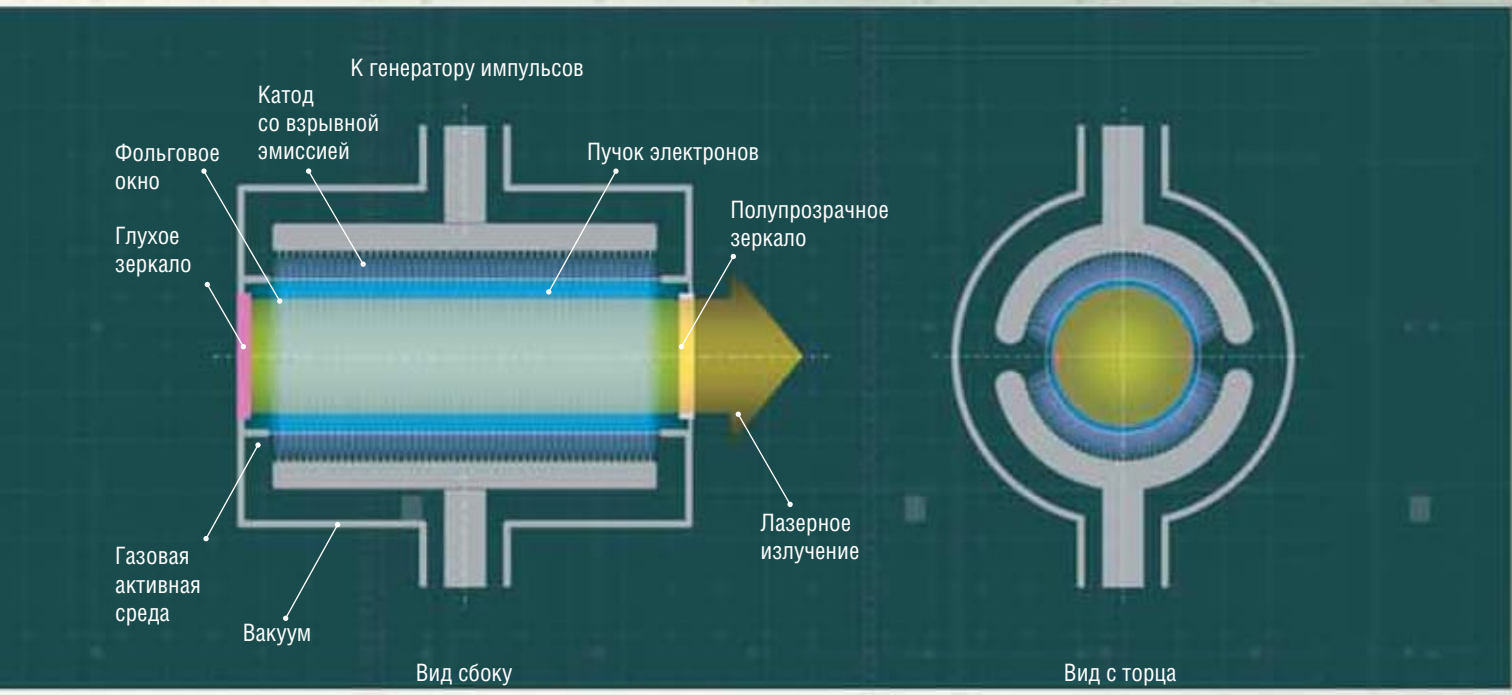
С помощью сильноточного электронного пучка удалось разрешить еще одну проблему: в 1970-х гг. произошел прорыв в области лазерной техники – были созданы мощные лазеры на основе объемного электрического разряда в газе повышенного давления. В чем же принципиальная сложность создания таких лазеров? Для осуществления лазерной генерации необходимо

Генератор гигаваттных СВЧ-импульсов на основе сильноточного ускорителя электронов СИНУС-7. Поля излучения таких генераторов легко вызывают пробой воздуха, заставляют вспыхивать обесточенные лампы дневного света и успешно выводят из строя оставленные в лаборатории сотовые телефоны, калькуляторы, цифровые фотоаппараты

иметь неравновесную среду. Такую среду можно было бы создать, реализовав объемное протекание тока в газовом разряде. Увы, эта форма горения разряда устойчиво существовала лишь в длинных трубках при малых давлениях газа. Все попытки увеличить давление приводили к тому, что объемная форма протекания тока сменялась канальной, в которой генерация лазерного излучения невозможна.

Ускоренные электроны способны эффективно ионизовать среду, через которую они проходят, в том числе и газ высокого давления. Чем выше интенсивность электронного пучка, тем выше объемная проводимость получившейся газовой плазмы и тем большую энергию можно ввести в активную среду лазера. В результате многолетних исследований удалось построить системы с рекордными значениями энергии и мощности лазерного излучения.

Схема газового лазера, накачиваемого сильноточным пучком электронов



В заключение кратко коснемся технологических применений мощных импульсных устройств. Количество электронно-ионно-плазменных технологий, реализованных на их основе, в последние годы растет лавинообразно. Важное место среди них занимает производство наноструктурных материалов.

Значительные перспективы связаны с промышленным внедрением технологий электронно-пучковой модификации поверхности металлических изделий. Облучая металл коротким мощным пучком, можно мгновенно отполировать до зеркального блеска поверхность даже очень сложной формы – сделать это механически практически невозможно. Плавясь под пучком и мгновенно остывая, тонкий, в несколько микрон, слой металла очищается от примесей, приобретает нанокристаллическую структуру, обладающую высокой твердостью, коррозионной и износостойкостью. Импульсному электронному пучку подвластны даже капризные в обработке, хрупкие сверхтвердые инструментальные сплавы. Комбинированными пучково-плазменными методами можно создавать поверхностные сплавы с составом и свойствами, невозможными с точки зрения традиционной металлургии.

На основе многолетних исследований газового разряда низкого давления в Институте сильноточной электроники СО РАН разработаны эффективные источники плазмы как газов, так и многих металлов. С помощью таких источников можно с большой скоростью проводить модификацию поверхностного слоя металлических изделий (например, азотирование), а также наносить на поверхность тонкие покрытия с целью придания ей необходимых функциональных свойств. Более того, прочные тонкие пленки оказалось возможным наносить даже на стекло и пластмассу.

Сильноточные импульсные пучки электронов показали свою эффективность в технологических процессах отверждения и модификации лаковых покрытий и рулонных полимеров, стерилизации медицинского инструмента и порошкообразных материалов, в плазмохимии, при обезвреживании дымовых газов. По индивидуальному свечению под действием электронных пучков стало возможно идентифицировать многие поделочные и драгоценные камни. Электрический взрыв проводников позволил получать наноразмерные порошки.

Итак, мы видим, что сильноточные импульсы и электронные пучки являются не только интереснейшим научным объектом и инструментом для фундаментальных исследований, не только служат задачам обороны и мирного «термояда» отдаленного будущего, но и готовы трудиться «на благо народного хозяйства»: незримо, мощно и эффективно.

В ИСЭ СО РАН готовится к запуску лазерная система субпетаваттной мощности с длительностью импульса 10^{-14} с. На снимке – выходной усилитель с газовой активной средой

Литература

Бугаев С.П., Крейндель Ю.Е., Щанин П.М. Электронные пучки большого сечения. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. – М.: Наука, 1991.

Кремнев В.В., Месяц Г.А. Методы умножения и трансформации импульсов в сильноточной электронике. – Новосибирск: Наука. Сиб отд-ние, 1987.

Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2004.

Месяц Г.А. Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга. – М.: Наука, 2000.

Мощные наносекундные импульсы рентгеновского излучения / Месяц Г.А., Иванов С.А., Комяк Н.И., Пеликс Е.А. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

Mesyats G.A., Osipov V.V., Tarasenko V.F. Pulsed Gas Lasers. – Bellingham: SPIE Optical Engineering Press, 1995.

М. В. ПАНЧЕНКО, Б. Д. БЕЛАН

СМОТРЯЩИЕ за АТМОСФЕРОЙ

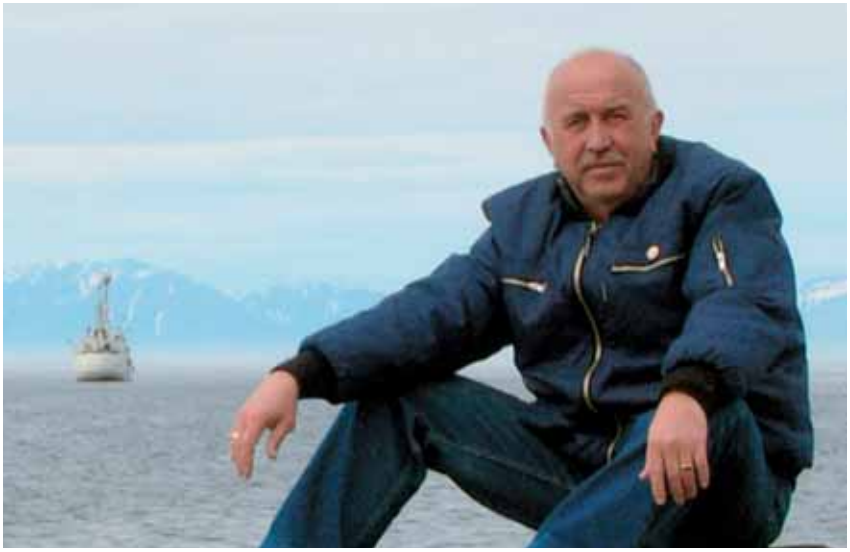
В конце прошлого – начале нынешнего века сначала ученые, а затем политики и люди, далекие от науки, все чаще начали говорить, что с погодой (то есть с климатом) что-то происходит. Насколько обоснованы эти опасения? Ведь, согласно народной мудрости, «климат глобально теплеет везде, где ты не живешь». Споры вокруг этого вопроса не утихают, но если действительно окажется, что мы живем в эпоху глобальных климатических перемен, это станет наиболее острой проблемой для всего живого на Земле. Для выяснения механизма климатических изменений нужны данные о состоянии и взаимодействии элементов сложнейшей системы, включающей океан, поверхность суши и атмосферу за длительный период. Таким климатическим мониторингом воздушного «одеяла» нашей планеты и занимаются исследователи из томского Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

Человеку ничего не оставалось бы
требовать от бога,
если бы он научился правильно
предсказывать погоду.
М. В. Ломоносов

Кто должен заниматься проблемой изменения климата – синоптики, метеорологи, климатологи?

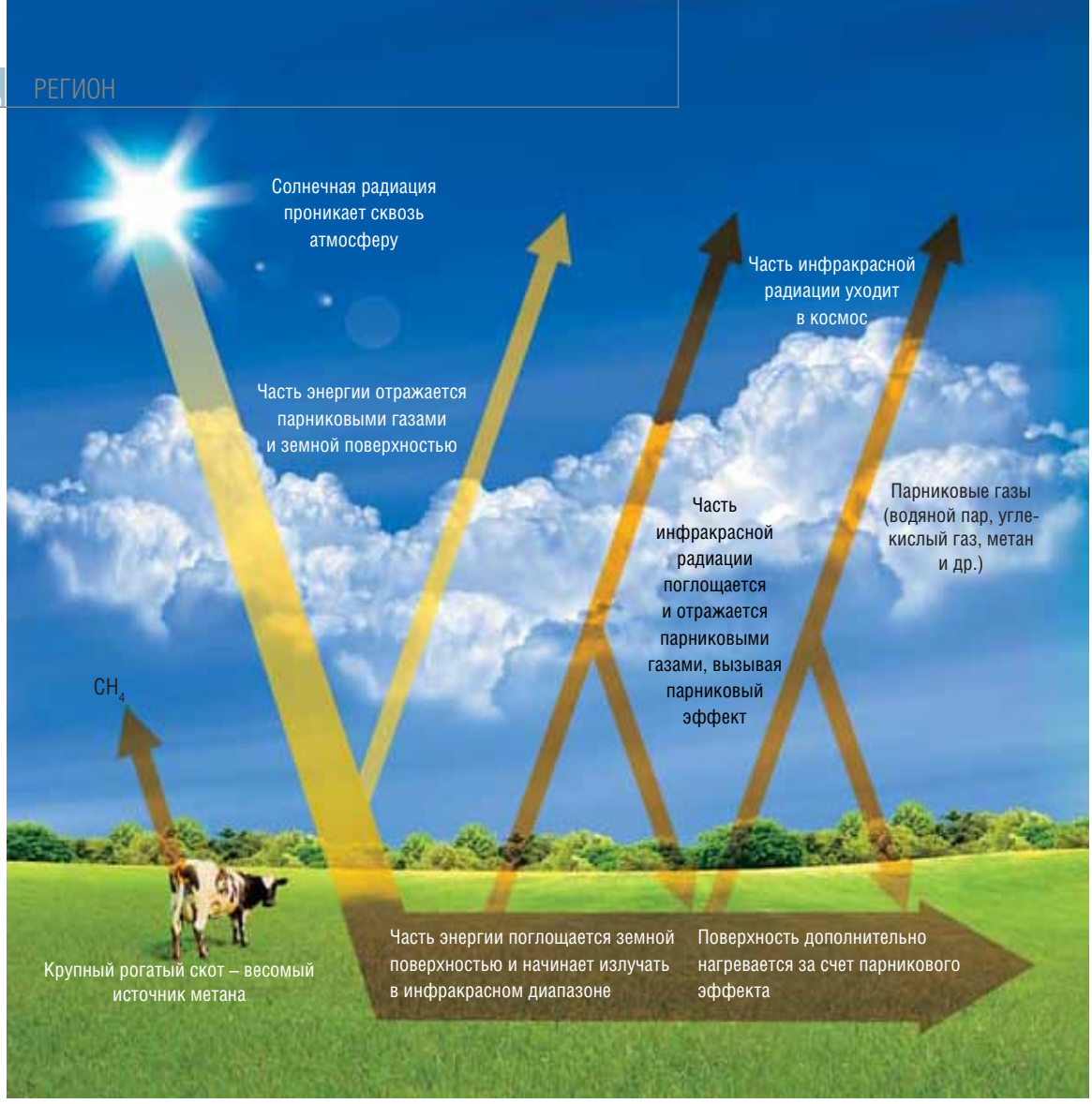
Какое отношение к этой теме могут иметь физики из томского Института оптики атмосферы им. В. Е. Зуева (ИОАТ) СО РАН? Ведь этот академический институт был создан для решения масштабных задач по изучению оптических свойств атмосферы, ставших особенно значимыми в связи с бурным развитием оптико-электронных систем. Чтобы ответить на эти вопросы, давайте обратимся к цифрам.

На верхнюю границу атмосферы падает около 1.5 кВт солнечной энергии, причем около трети этой энергии наша планета отражает обратно в космос. Естественно, что благодаря поглощенной энергии Земля нагревается



ПАНЧЕНКО Михаил Васильевич – доктор физико-математических наук, заместитель директора по науке Института оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН (Томск). Область научных интересов – радиационные составляющие климата и оптическая диагностика окружающей среды.
Автор и соавтор более 300 научных работ

БЕЛАН Борис Денисович – доктор физико-математических наук, заместитель директора по науке Иститута оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН (Томск). Область научных интересов – исследование аэрозолей и парниковых газов. Автор и соавтор более 300 научных работ



Упрощенная схема радиационного блока – «солнечное излучение–атмосфера–земная поверхность». Без детального исследования всех процессов отражения, поглощения и рассеивания солнечной энергии, поступающей на Землю, невозможно дать точный прогноз возможных климатических изменений

до определенной температуры и, как любое нагретое тело, в свою очередь начинает излучать энергию. Теперь представим, что земной атмосферы не существует, а в энергетической системе «поглощение–излучение» установилось равновесие. Решив эту климатическую задачу, мы получим, что расчетная средняя температура земной поверхности должна при этом составлять около –18 °С (реальная температура равна примерно 15 °С).

Таким образом, без привлечения данных о свойствах атмосферы нам не удается получить правдоподобный результат. Какие свойства имеются в виду? В первую очередь – способность атмосферы пропускать или задерживать солнечное излучение. Необходимо иметь полную информацию о процессах в так называемом *радиационном блоке* – «солнечное излучение–атмосфера–земная поверхность». Отметим, что основная часть солнечной энергии поступает на земную поверхность в *видимой области* спектра, а планета излучает в космическое пространство в *инфракрасном* диапазоне. А это и есть те области, в которых работают оптики.

Облака и подавляющее число аэрозольных частиц, присутствующих в атмосфере, очень слабо поглощают солнечный свет в видимой области спектра; они рассеивают и отражают излучение обратно в космическое пространство. Таким образом, в климатическом плане они играют роль «выхолаживающего» фактора.

Сажа и так называемые *парниковые газы* (водяной пар, метан, углекислый газ и др.) действуют обратным образом. Практически беспрепятственно пропуская энергию в видимой области, они поглощают ее в инфракрасном диапазоне, в котором излучает сама планета. В результате они играют для Земли ту же роль, что и пленка на теплицах.

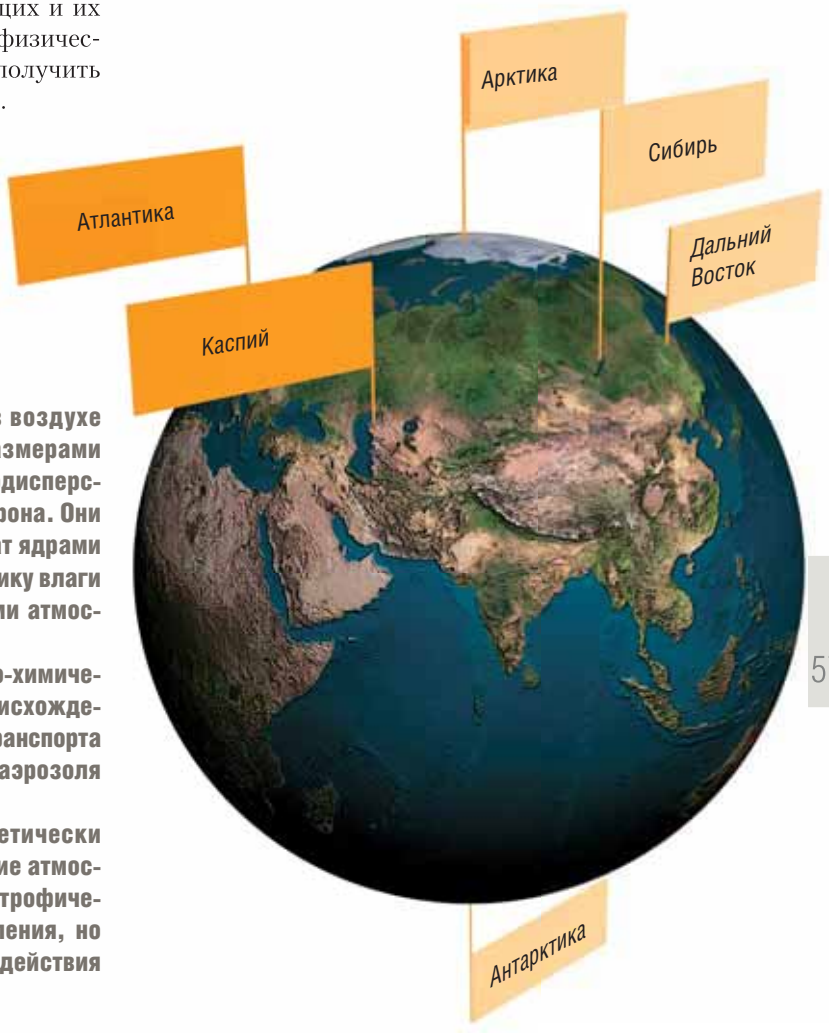
Именно радиационный блок, задающий внутригодовой ход термического состояния атмосферы и подстилающей поверхности, является одним из наиболее важных элементов во всех моделях общей циркуляции атмосферы. Процессы, происходящие в этом блоке, служат сегодня предметом ожесточенных споров, связанных с попытками понять причины межгодовых изменений климата. Именно здесь лежат и истоки широко известного «Киотского протокола», регулирующего объемы выбросов парниковых газов...

Не ввязываясь в очередную дискуссию, отметим, что срок корректных инструментальных наблюдений за составом атмосферы еще очень мал, и сеть наблюдательных станций тоже невелика. Успешность же прогноза климатических изменений в итоге будет определяться надежностью и достоверностью сведений об оптических параметрах атмосферы и их изменчивости под влиянием внешних факторов. Учитывая огромное разнообразие состава и источников атмосферных газов и частиц, их высокую пространственно-временную изменчивость, очевидно, что наиболее достоверные сведения о характеристиках атмосферных составляющих и их трансформации под действием комплекса геофизических процессов на сегодняшний день можно получить только масштабными прямыми измерениями.

Атмосфера границ не имеет

Сибирь с ее уникальным разнообразием природно-климатических зон и огромными пространствами представляет собой сложный объект даже для географического описания. Что же касается атмосферы, которая, как известно, границ не имеет, то на нее воздействуют не только местные природные и антропогенные факторы. Сибирь находится под влиянием атмосферного переноса из западных районов; она открыта как для арктического воздуха, так и для пыльных бурь с юга. Все это многократно затрудняет работу исследователей.

Создать здесь широкую сеть мониторинговых станций сегодня невозможно по причинам экономического и технического характера. Выход был найден в создании небольшого числа оптимально подобранных исследовательских точек, работающих в мониторинговом режиме. Мониторинг дополняется постановкой крупных комплексных исследований, где максимально используются

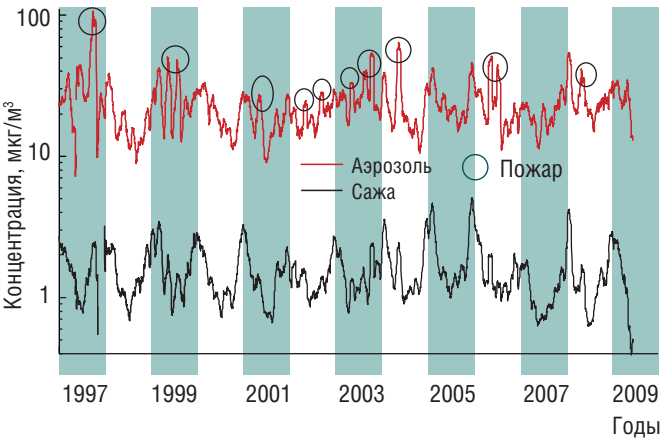


География экспедиционных работ исследователей из Института оптики атмосферы СО РАН впечатляет – от Арктики до Антарктики

АТМОСФЕРНЫЙ АЭРОЗОЛЬ – взвешенные в воздухе твердые и жидкие коллоидные частички размерами от 10^{-8} до 10^{-1} см. Особую роль играют высокодисперсные частицы размером до десятых долей микрона. Они влияют на тепловой режим атмосферы, служат ядрами конденсации воды в облаках, определяя динамику влаги в атмосфере, являются основными носителями атмосферного электричества и радиоактивности.

Наиболее разнообразны по структуре и физико-химическим свойствам аэрозоли антропогенного происхождения, при этом с развитием промышленности и транспорта их вклад в общее содержание атмосферного аэрозоля постоянно растет.

С помощью искусственных аэрозолей теоретически возможно направленно воздействовать на такие атмосферные процессы, как ураганы, град, катастрофические ливни и другие опасные природные явления, но на практике используются только методы воздействия на облака и туманы



Судя по данным одной из приземных аэрозольных станций сети АЭРОСИБНЕТ (Томск, Академгородок), средний региональный аэрозольный «фон» и его годовая изменчивость из года в год хорошо воспроизводятся. Из этих же данных видно, какой атмосферный «стресс» вызывают лесные и торфяные пожары

все доступные системы для измерения основных климатически значимых параметров атмосферы. Кроме того, в экспедиционном режиме активно работают мобильные лаборатории, базирующиеся на наземных, судовых и воздушных транспортных средствах.

Такая постановка исследований на обширной территории позволяет получать данные для разработки хорошо обоснованных прогностических моделей. Что касается мониторинга, то в академической среде не утихают споры о том, нужно ли учреждениям, призванным решать фундаментальные задачи, напрямую заниматься его организацией.

Но, с одной стороны, сейчас в России нет другой квалифицированной силы, которой бы эта задача оказалась по силу. С другой стороны, при интерпретации результатов исследования атмосферных явлений без данных многоточечных рутинных измерений не обойтись и самим ученым. Ведь если вы обнаружите, что каждый день в двенадцать часов дня концентрация сажи в какой-то точке наблюдения резко возрастает, то вы должны быть уверены, что причина этого – реальное атмосферное явление, а не добросовестный работник кочегарки по соседству, перед обеденным перерывом подбрасывающий в топку уголек.

Даешь АЭРОСИБНЕТ!

Получить данные о параметрах атмосферного аэрозоля помогают методы *солнечной фотометрии*, основанные на измерении проходящего через атмосферу солнечного света. Анализ спектральных и угловых характеристик прямого и рассеянного излучения дает информацию о содержании частиц во всей толще атмосферы, а также позволяет оценить их распределение по размерам, рассеивающую и поглощательную способность и другие характеристики.

Давняя мечта томских оптиков заняться широкомасштабными аэрозольными измерениями стала явью в фантастически короткие сроки благодаря энтузиазму Б. Холбена – руководителя сети *AERONET*, международной глобальной сети автоматизированных солнечных фотометров, организованной *NASA* (США). Эта сеть в настоящее время включает в себя 150 станций. Оставив в стороне трудности, которые пришлось преодолеть при создании сети АЭРОСИБНЕТ, отметим, что сейчас она раскинулась от Звенигорода до Приморья.

При создании Сибирской фотометрической сети использовалась следующая стратегия. Поскольку *AERONET* нацелена на получение длинных рядов фоновых аэрозольных характеристик, то пункты установки фотометров обычно выбираются в местах, удаленных от городов и промышленных центров. Но полученная таким образом картина пространственного распределения аэрозоля не совсем совпадает с реальностью. Поэтому в наиболее интересных географических точках, в том числе и вблизи городов, были дополнительно размещены фотометры, созданные в ИОАТ СО РАН,

«Жизнь» подавляющего большинства атмосферных частиц начинается в приземном слое и нижних слоях атмосферы. Они рождаются на морских и океанских просторах из лопающихся на поверхности пузырьков воздуха и капель, срываемых с морских волн; их источниками становятся мощные пылевые бури и дым пожаров и т. п. Безусловно, не остается в стороне и антропогенное воздействие: выхлопные газы и промышленные выбросы. Поэтому исследование оптических характеристик атмосферы вблизи крупных населенных пунктов представляет несомненный интерес.

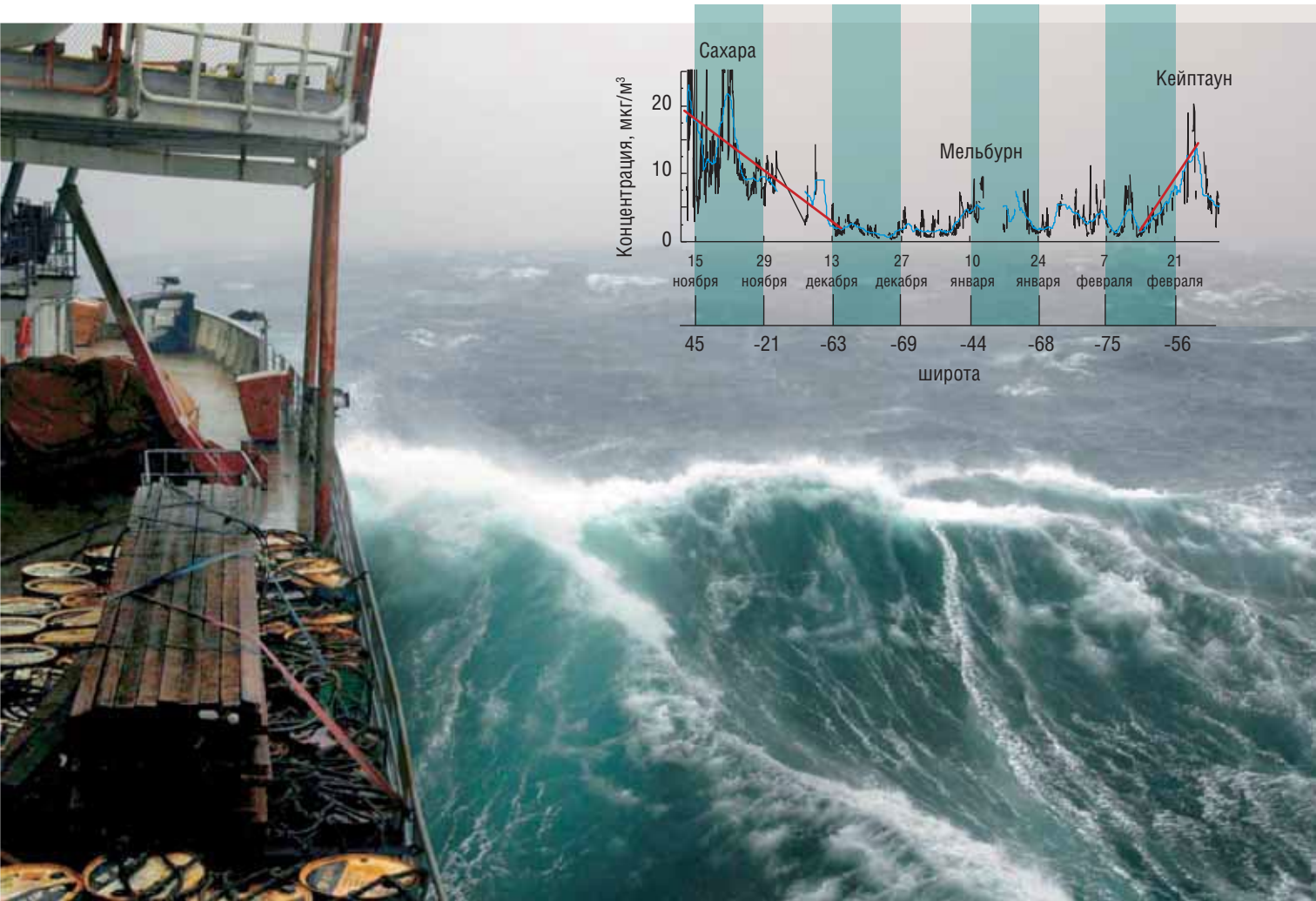
Воздушными потоками аэрозольные частицы выносятся вверх и разносятся на огромные расстояния. Жизнь их заканчивается в тропосфере под действием процессов оседания, осаждения, облачного и подоблачного вымывания. Для того чтобы в деталях исследовать эти процессы и оценить степень влияния различных внешних факторов, вблизи г. Томска уже более 10 лет работают в рутинном автоматическом режиме две станции, оборудованные комплексом приборов для приземных измерений. Они ежечасно определят параметры аэрозоля в приземном слое атмосферы.

Серьезным дополнением к сетевым наблюдениям являются и ежемесячные полеты самолета-лаборатории, где одновременно измеряются и аэрозольные характеристики, и содержание парниковых газов.

Под парусами – за аэрозолем

У мониторингового режима есть один недостаток – его результаты соответствуют лишь тем конкретным географическим условиями, где расположены станции наблюдения. Получить полное представление обо всем многообразии аэрозольных ситуаций невозможно без проведения экспедиционных работ. А учитывая, что большая часть поверхности нашей планеты покрыта океаном, пришлось уделить особое внимание организации судовых измерений.

Благодаря трем судовым экспедициям в Южное полушарие удалось выявить широтное распределение аэрозольной оптической толщи над океаном. Оказалось, что массовая концентрация аэрозоля убывает от экватора в направлении Южного полюса



Вот весомый перечень морских экспедиций томских исследователей: Белое море (2003—2007 гг.), Карское море (2007 г.), Каспийское море (2008 г.), Тихий океан (2009 г.). Для описания полученных результатов не хватило бы и обширного тома, но сейчас остановимся на нескольких примерах.

Как это ни странно звучит, но коллективу, живущему и работающему вдали от всех океанов, первому удалось собрать подробную информацию и провести районирование Северной Атлантики по оптическим характеристикам атмосферы. Исследование Белого и Карского морей позволило оценить воздействие выносов, в том числе и антропогенных, на состав атмосферы в этом регионе Арктики.

Что касается антарктических районов, то любая, даже отрывочная информация о составе атмосферы в здешних широтах ценится на вес золота, благодаря трем экспедициям в Южное полушарие удалось путем прямых измерений выявить широтную зависимость характеристик аэрозольной оптической толщи и содержания сажи над океаном.

Такие данные очень нужны, чтобы понять, каким образом континенты влияют на атмосферу, в том числе на картину глобального распределения аэрозоля. В частности, обнаруженный факт более медленного по сравнению с другими атмосферными частицами убывания концентрации сажи от экватора к Антарктиде заставило пересмотреть распространенные представления о том, что сажа и аэрозоль не могут «жить» друг без друга.

Любая информация о составе атмосферы труднодоступного края «полярных сияний и пингвинов» ценится очень высоко

Парниковые газы

История мониторинга парниковых газов, организованного учеными из ИОАТ СО РАН, практически полностью повторяет историю с аэрозолем. Только в этот раз счастливый случай свел томичей с известным японским ученым Г. Иное из Национального института исследования окружающей среды, который развернул масштабные работы в Сибири в рамках Международной геосферно-биосферной программы (*IGBP*). С его помощью удалось продолжить ежемесячные экспедиционные исследования на самолете-лаборатории.

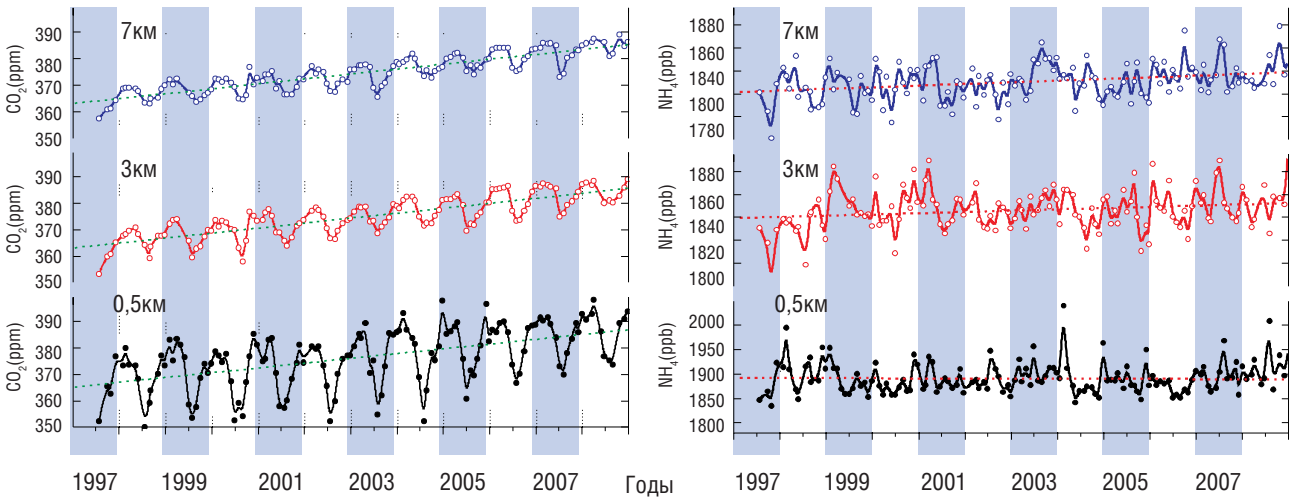
Судя по результатам многолетнего самолетного зондирования основных парниковых газов (углекислого газа и метана), наблюдаемый над территорией Сибири рост CO_2 эквивалентен значению, которое фиксируют все станции Земли. Но вот резкого роста концентрации метана, о котором так много говорится в научном мире, не было обнаружено.

Факт отсутствия межгодового прироста содержания метана в приземном слое атмосферы весьма неожидан для территории, где расположены самые крупные в полушарии Васюганские болота. Ведь обитающие в болотах бактерии-метаногены являются одним из основных источников биогенного метана наряду с бактериями, заселяющими пищеварительный тракт жвачных животных.

Здесь уместно упомянуть, что одним из основных источником метана в настоящее время действительно является... крупный рогатый скот, на который приходится до трети мировых выбросов этого парникового

Парниковые газы – газообразные составляющие атмосферы, поглощающие и переизлучающие инфракрасное излучение. Предположительно именно они отвечают за глобальный парниковый эффект.
Основной естественный парниковый газ – водяной пар. В числе наиболее активных парниковых газов – углекислый газ и метан, при этом метан способен поглотить и переизлучить в двадцать раз больше тепла, чем CO_2. Атмосферные концентрации углекислого газа за последние 250 лет увеличились примерно на треть, метана – в полтора раза, что связывают с увеличением антропогенных выбросов в атмосферу

Судя по благодушной морде, этот антарктический тюлень явно еще ничего не знает о глобальном потеплении, угрожающем ледяным шапкам нашей планеты



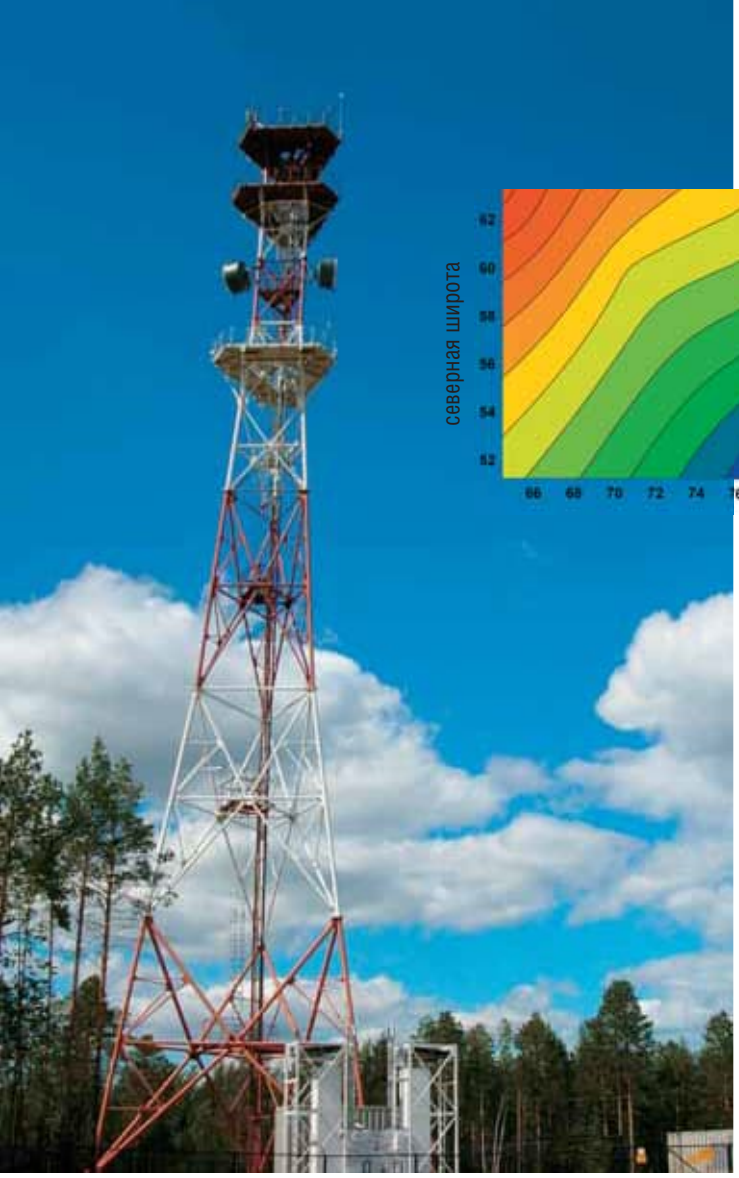
газа. (Мировая общественность настолько озабочена «коровьими выбросами», что, например, канадские ученые сегодня работают над выведением коров, которые будут производить на четверть меньше метана, чем их современные «коллеги» (Ellis et al., 2009).) Так что судя по содержанию метана, с коровьим поголовьем дела в Сибири обстоят неважно...

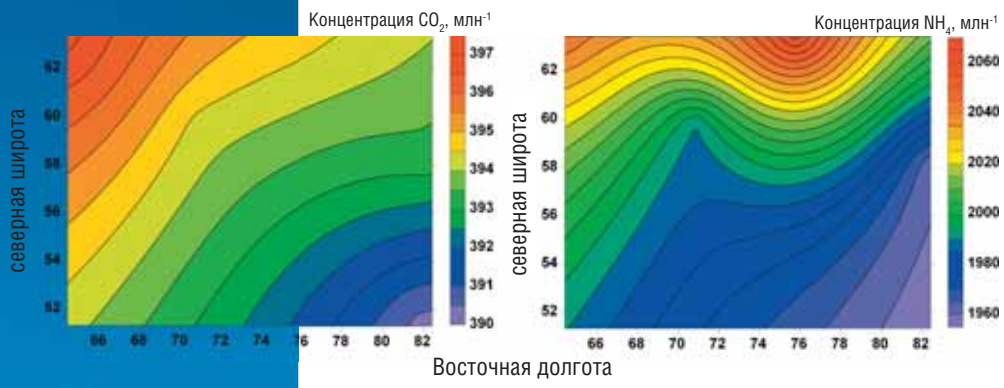
Благодаря сотрудничеству с японскими коллегами томским исследователям удалось создать сеть высотных мачт, оборудованных комплексом автоматических приборов для измерения концентрации парниковых газов и их потоков. Схема размещения наблюдательных станций в виде своеобразной решетки, вытянутой с юга на север, позволяет не только детально изучить региональные особенности пространственного распределения газов, но и оценить их поступление по основному воздушному потоку нашего полушария, т. е. с запада на восток. А, как известно, западные районы на нашем материке – самые промышленно развитые и, соответственно, производят самый большой объем промышленных выбросов.

Кстати сказать, изучение процессов переноса газов и загрязняющих атмосферу примесей задача трудная, поскольку он зависит от режима циркуляции воздушных масс на различных высотах. И здесь без самолета не обойтись, поэтому совместно с учеными из Национального центра научных исследований Франции (*CNRS*) был начат новый цикл самолетных экспедиций по сибирскому

Результаты самолетного зондирования концентрации основных парниковых газов в тропосфере Западной Сибири свидетельствуют о росте здесь концентрации углекислого газа, что соответствует мировой тенденции (слева). Однако рост концентрации метана при этом не был обнаружен (справа)

В публикации использованы фотографии из архива М.В. Панченко





Для мониторинга концентрации парниковых газов и их потоков создана сеть наблюдательных станций с высотными мачтами, оборудованными комплексом автоматических приборов. Это позволило оценить особенности пространственного распределения углекислого газа и метана в региональном масштабе и характер их поступления из западных промышленно развитых районов

Северу в рамках проекта *YAK-AEROSIB* «Изучение углеродного и озонового цикла в Евразии».

В результате, например, удалось обнаружить на территории Сибири обширную (в сотни километров) область загрязненного воздуха, проникающего сюда из Северного Китая и Восточной Монголии.

Из всего вышесказанного может сложиться впечатление, что оптические исследования атмосферы осуществлялись исключительно благодаря западной финансовой поддержке. Это далеко не так. В трудные 1990-е гг. экспедиционные работы продолжались благодаря своевременной поддержке Сибирским отделением Академии наук. В дальнейшем большую роль сыграло финансирование по интеграционным проектам СО РАН, что позволило не только развернуть работу фотометрической сети, но и осуществить ряд интересных комплексных экспериментов (пример – исследование 2009 г., где были одновременно задействованы наземные комплексы и парусная шхуна «Надежда»). А благодаря целевой поддержке в рамках программ РАН удалось в течение последних 10 лет провести не имеющий мировых аналогов цикл комплексных исследований на Байкале; организовать экспедицию в пустыню Гоби и три экспедиции в Антарктиду; провести судовые измерения в Белом, Карском и Каспийском морях.

Безусловно, значимость материальной базы трудно переоценить. Но она мертва без действующей инфраструктуры и, конечно, людей – тех, кто ежедневно ведет наблюдения, поддерживает работоспособность приборов, квалифицированно анализирует полученные данные. И в этом томским ученым из ИОАТ СО РАН оказали огромную поддержку их азартные и глубоко увлеченные коллеги из ряда других российских научных организаций.

Сегодня уже немало известно о состоянии и динамике атмосферы – одного из ключевых элементов механизма планетарного климат-контроля, но, по большому счету, мы стоим лишь в начале длинного пути. Тем не менее изучать, что сегодня происходит с атмосферой и климатом в целом, жизненно необходимо для человечества. Ведь от этого знания может во многом зависеть, какой завтра будет «погода» в нашем общем доме – планете Земля.

Н. В. ПОЛОСЬМАК

«ÒÀÌ íà íåâåäîìûõ ÄÎÐÎÆÊÀÕ ÑËÅÄÛ ÍÅÂÈÄÀÍÍÛÕ ÇÂÅÐÅÉ...»

Ñåðåáðÿíûå óêðàøåíèÿ êîíñêîé óïðÿæè èç êóðãàíîâ õóííó

ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна – доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск).
На фото: автор на раскопках 20-го Ноин-Улинского кургана

Раскоп 20-го кургана Ноин-Улинского могильника хунну. Северная Монголия, 2006 г.

В результате новых раскопок царских курганов хунну в Монголии появились на свет замечательные серебряные пластины – украшения конской упряжи. Среди них особое место занимают находки с оригинальным изображением фантастического зверя – единорога, до сих пор не встречавшимся в мировом искусстве. Такие пластины были обнаружены в наборах украшений для лошадей только в 20-м Ноин-Улинском кургане, раскопанном российско-монгольской экспедицией, и в 20-м кургане могильника Гол-Мод, исследованного французско-монгольской экспедицией

Индийский единорог.
Оттиск печати из долины Инда. III тыс. до н. э.

Единорог с гобелена «Дама с единорогом». XV в. Музей Клюни, Париж.
Прорисовка

Истоки образа единорога теряются в глубине веков. Считают, что его первые изображения в виде однорогого быка присутствуют на печатях древних городов долины Инда – Мохенджо-Даро и Хараппы (III тыс. до н. э.). Возможно, к подобному изображению можно было бы отнестись, как к виду быка в профиль, если бы не упоминания единорога как одного из значимых священных символов в индийских «Атхарваведе» и «Махабхарате».

Именно с древней индийской традицией связывается появление образа единорога в ближневосточных и европейских изобразительных системах. Греческие и римские авторы, начиная от Ктесия и заканчивая Цезарем, воспринимают единорога как реально существующего зверя. Плиний Старший пишет (VIII, 21): «Самый свирепый и яростный зверь из всех – это единорог, или “моноцерос”, туловищем он схож с лошадью, головою с оленем, ноги, как у слона, а хвост кабаний, ржет он отвратительным голосом, посреди лба торчит черный рог длиной в два локтя; говорят, что этого дикого зверя невозможно поймать живьем». Греческий «Физиолог» (II—III вв. н. э.) сообщает, что это «быстроногий зверь, носящий один рог и питающий злую волю в отношении людей». Может быть, именно из-за этих качеств зверя мы не находим его изображений ни в греческом, ни в римском искусстве.

Анималистический герб из гербовника Конрада Грюнеберга. У изображения единорога ноги как у буйвола, большой рог надо лбом. Конец XV в.
По: (Пастуро М. Геральдика, 2003)

Китайский единорог. I—II в. н. э. Позолоченная бронза. Британский музей (Лондон)

Изображение единорога на серебряной пластине из клада с о. Сарк (Великобритания). Пластина была найдена в 1718 г., но затем утеряна. В 1966 г. были обнаружены только сделанные с нее рисунки

Единорог Хуаньшу из «Шань-хай цзин» – древней китайской книги о фантастических животных, предположительно написанной при Цинь Ши-хуане в 246—209 гг. до н. э.
По: (Терентьев-Катанский, 2004)

Китайский единорог-хищник Бо из книги «Шань-хай цзин». Бо обладает тигриными зубами и когтями
По: (Терентьев-Катанский, 2004)

«Белая лошадка с передними ногами антилопы, козлиной бородой и длинным, торчащим на лбу винтообразным рогом»(обычное описание этого фантастического зверя, приведенное Хорхе Луисом Борхесом в его знаменитой «Книге вымышленных существ») появится только в XV в. Именно таким изображен единорог на знаменитом гобелене «Дама с единорогом» из музея Клюни. В геральдическом бестиарии средневековой Европы единорог – один из наиболее часто встречающихся монстров и химерических животных (Пастуро, 2003). В неизмененном виде он дожил до наших дней в государственных гербах Великобритании и Канады.

Серебряные бляхи – украшения конской упряжи из 20-го Ноин-Улинского кургана хунну. *Раскопки российско-монгольской экспедиции. Северная Монголия. 2006 г.*

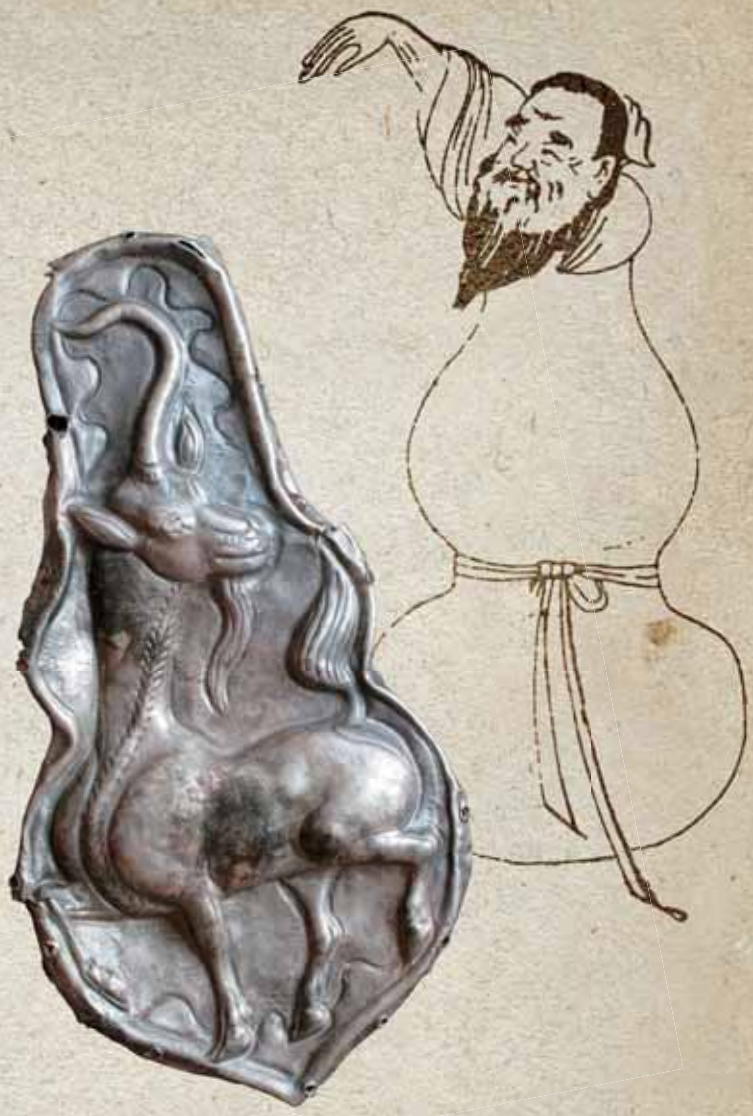
Фрагмент серебряной бляхи – украшения конской упряжи из могильника Ноин-Ула (Монголия)

ЦИЛИНЬ, дарующий ребенка

Но оставим пока европейского единорога и обратимся к его китайскому собрату, поскольку наиболее вероятно, что серебряные бляхи из монгольских курганов хунну были изготовлены китайскими мастерами. Свидетельств этому еще не общепризнанному факту довольно много.

Аналоги этим бляхам были обнаружены южнее – на территории Внутренней Монголии, Северного Китая и Северной Кореи. Среди персонажей, изображенных на серебряных пластинах, являющихся украшениями конской упряжи, встречаются, помимо единорогов, животные и птицы китайского бестиария – дракон, птица-феникс, лошадь-дракон, олени и крылатые газели.

Все они обычно находятся среди фантастического горного ландшафта, изображенного на всех бляхах в совершенно одинаковой условной манере, характерной для китайского искусства. На бляхах из хуннского погребения в могильнике Гол-Мод на телах единорогов изображены так называемые «языки пламени» – это прием, характерный для искусства китайской империи Хань. А несколько блях, обнаруженных на территории Китая, имеют обтянутую золотой фольгой чугунную основу (Bunker, 2002). Нигде в мире, кроме Китая, в это время чугун не был известен (первые упоминания о нем относятся к VI в. до н. э.) В Китае же, помимо прочего, он использовался для художественного литья.



Тыквенный старец с книжной гравюры. *По: (Кравцова М.Е. История искусства Китая, 2004)*

В Китае существует легенда о «тыквенных старцах», которые могут помогать человеку и исполнять все его желания. Они изображались как бы вырастающими из тыквы-горлянки, которая персонифицировала собой одну из пространственных сфер даосской мифологии – пещерные небеса, служившие местом обитания бессмертных. По: (Кравцова М. Е.История искусства Китая, 2004)

Частью разработанной при ханьском дворе особой политики были так называемые «пять приманок», преследующих целью без войны покорить хунну, разрушить хуннское единство с помощью подарков (предметов роскоши, необычной еды) и оказания всевозможных знаков внимания тем племенам хунну, которые согласны принять китайский протекторат

Грушевидная форма бляхи из хуннских курганов не имеет аналогов ни в искусстве евразийских кочевников, ни в эллинистическом искусстве Западного мира. Скорее всего, это тоже китайское изобретение. Прототипом могла послужить форма тыквы-горлянки,«исходно наделявшаяся особым магическим смыслом». Такая тыква была одним из самых распространенных мифологических и художественных образов среди плодов древнего и средневекового Китая: в форме тыквы-горлянки изготовлялись сосуды и ювелирные украшения, ее использовали в орнаментальных композициях и живописных произведениях. «Ее силуэт, напоминающий очертания женского тела, и ее форма, как бы составленная из двух вложенных друг в друга сфер, сделали тыкву-горлянку моделью акта рождения... В даосско-религиозной образности тыква-горлянка превратилась в сосуд для хранения эликсира бессмертия, став тем самым эмблемой бессмертия и пожеланием долголетия... » (Кравцова, 2004, с. 380—381).

Поскольку конскому убранству придавалось огромное значение, нет ничего удивительного в том, что такая необычная форма использовалась для создания украшений конской упряжи.

У образа единорогов в Китае была своя жизнь и своя легенда, не похожая на европейскую, несмотря на общность истоков. Само животное называлось здесь *цилинем* (это название иногда трактуется как сочетание двух слов – «ци» (самец) и «линь» (самка)).

Имеется предположение, что название «цилинь» заимствовано из тохарского языка. Тохары, один из центральноазиатских народов, уже в I тыс. до н. э. имели контакты с древними китайцами, и индийский образ единорога мог проникнуть в Китай при их посредничестве (Иванов,1992). Само индийское происхождение образа единорога как в европейских, так и в китайских мифологии и искусстве, сегодня не подвергается сомнению.

Впервые цилинь упоминается в «Бамбуковых анналах» – важном письменном источнике по истории и мифологии Древнего Китая, предположительно датируемом II в. до н. э. Там сказано, что в течение правления Хуан-ди (2205—2198 гг. до н. э.) цилиня содержали в парках. В конфуцианскогм трактате «Ли-цзи» рассказывается о том, что в священные и безмятежные времена императоров древности «фениксы и единороги мужского и женского пола заполняли болота под стенами города...» (Терентьев-Катанский, 2004, с. 71). Эти райские времена в Поднебесной напоминают картину «Сад земных желаний» Босха, где наряду с реальными животными ходят и пасутся несколько разновидностей единорогов.

Для китайцев единорог был не просто необычным животным – он был тотемом, чрезвычайно важным символом, превосходящим по значимости свой аналог в европейских культурах. И сегодня он остается одним из наиболее позитивных образов в традиционной китайской культуре. Так, например, композиция «Цилинь, дарующий ребенка», где на спине единорога сидит младенец, является пожеланием супружеской паре рождения сына, а младенцу – блестящей карьеры (Кравцова, 2004, с. 395).

Изображение единорога на серебряных бляхах из погребений хунну почти полностью соответствует его словесным описаниям, данным в китайских источниках и в мифологии: тело оленя, но меньших размеров, шея волка, хвост быка, один рог, заканчивающийся мягкой шишкой (мясным наростом), копыта коня, разноцветная (по другим версиям, бурая) шерсть.

В изображениях единорога на хуннских пластинах использовался образ горного козла, но стилизованный до крайности. Это парнокопытное с головой козла, украшенной характерной бородой, и телом и хвостом быка. Бросаются в глаза неестественно вытянутые, просто длинные шеи (понятно, почему у некоторых исследователей родилось предположение об отождествлении цилиня с жирафом). Поскольку все изображенные особи имеют набор признаков реально существующих животных, то кажется, что они кого-то явно напоминают и вообще на вид вполне жизнеспособны. Но аналога в природе им нет, и в первую очередь из-за их рога, расположенного на макушке точно по центру черепа. Больше всего он напоминает странный, загнутый назад крючок, вставленный в специальное отверстие-втулку. Конечно, таким рогом никого поранить нельзя – это и есть свойство настоящего цилиня.

«Приманка» для шаньюя?

Почему же эти художественные образы, созданные китайскими мастерами, оказались на бляхах – украшениях коней хунну? Что они значили для этих кочевников? Не могли ли эти символы исподволь выполнять отведенную им особую роль – роль усмирителей? Быть в числе тех «приманок», на которые ханьский двор пытался купить спокойствие своих границ?

Как уже упоминалось выше, в китайской мифологии единорог – главный из всех зверей и, в отличие от европейского собрата, является исключительно мирным благородным животным, который не может причинить никакого вреда. Его рог символизирует единство государства либо символ единовластия государя.

Считалось, что появление цилиня несло с собой умиротворенность и процветание в природе. В «Ши цзине», одном из древнейших памятников китайской литературы, в стихотворении «Линь-единорог» образ цилиня используется как символ потомков княжеского рода. Согласно поверью, именно единорог принес на своей спине прародителю цивилизации Фу Си знаки, от которых произошли письмена.

В дошедшей до наших дней песне-заговоре, выявляются охранительные функции единорога:

Фрагмент зеркала с изображением феникса и цилиня – великолепный образец танского искусства. 618—907 гг. Зеркало было найдено известным российским исследователем Д.Г. Мессершмидтом, но затем утеряно, сохранился лишь рисунок начала XVIII в. Помимо феникса и цилиня на зеркале изображены так называемые «драгоценные облака»(баоюнь), введенные в орнамент для усиления благопожелательной символики (Лубо-Лесниченко,1975). Эти облака можно увидеть и на изображениях единорогов, обнаруженных в кургане могильника Гол-Мод

О ты, Единорог!
Своим копытом
Ты наших сыновей храни!
О ты, Единорог!
О ты, Единорог!
Своим челом
Семью ты нашу сохрани!
О ты, Единорог!
О ты, Единорог!
Своим ты рогом
Ты род наш сохрани!
*О ты, Единорог!**

Цилинь служил символом добродетельной и мудрой личности; считалось, что это олицетворение гуманности, милосердия и благородства появляется на людях только во время всеобщего счастья и благоденствия... О высоком ранге цилиня свидетельствует и тот факт, что эмблема с его изображением использовалась как знак различия военных чиновников высшего ранга.

И вот изображение такого почитаемого китайцами животного вдруг появляется на украшениях варваров-хунну. Возможно, в этом кроется некий подтекст. Может быть, эти изделия, являясь подарком императорского двора, входили в ту часть «пяти приманок», которые должны были привести хунну к повиновению. Образ, наделенный в китайской мифологии большим комплексом исключительно положительных характеристик, мог использоваться в «воспитательных» целях для самых высших представителейм хуннской элиты – шаньюев.

Возможно, единороги, как и драконы, изображенные на четырых аналогичных бляхах из 20-го Ноин-Улинского кургана, должны были не столько поднимать статус шаньюя (тот мог считать подарки от китайского императора получением части харизмы дарителя), сколько указывать на его подчиненное положение (о чем сам шаньюй и не подозревал). Чужие символы, наделенные большим мифологическим содержанием, проверенным и закрепленным веками, в иной культуре могли выполнять прямо противоположную роль. Дунфан Шо истолковал чудесным образом появившееся во дворце

Серебряные бляхи – украшения конской упряжи из могильника хунну Гол-Мод (Монголия). *Прорисовка. Раскопки французско-монгольской экспедиции. 2002—2005 гг.*

Ханьского императора У-ди изображения марала как изображение цилиня и объявил, что это – знамение возвращения справедливости. Как бы подтверждением этого пророчества стало то, что через год хуннский шаньюй сдался У-ди вместе с многотысячной армией.

Конечно, нельзя думать, что хуннские шаньюи были людьми, совершенно не сведущими в области ханьской символики. Это далеко не так. Некоторые из них посещали императорский двор, другие какое-то время находились там в качестве заложников, приобщаясь ко всем благам и тонкостям ханьской культуры; некоторые имели китайских жен, которые вместе со своим китайским окружением являлись проводниками китайский культуры среди хуннуской элиты. Не стоит забывать и о высокопоставленных китайских перебежчиках и пленниках, перешедших на службу хунну.

* Хрестоматия древней истории Востока. – М., 1963. С. 428

ЕДИНОРОГ

Святой поднялся, обронив куски
Молитв, разбившихся о созерцанье:
К нему шел вырвавшийся из преданья
Белесый зверь с глазами, как у лани
Украденной, и полными тоски.

В непринужденном равновесье ног
Мерцала белизна слоновой кости
И белый блеск, скользя, по шерсти тек,
А на зверином лбу, как на помосте,
Сиял, как башня в лунном свете, рог
И с каждым шагом выпрямлялся в росте.

Пасть с серовато-розовым пушком
Слегка подсвечивалась белизной
Зубов, обозначавшихся все резче,
И ноздри жадно впитывали зной,
Но взгляда не задерживали вещи:
Он образы метал кругом,
Замкнув весь цикл преданий голубой.

Райнер Мария Рильке

Все перечисленные категории людей из окружения шаньюя могли пролить свет на истинное значение образов единорога (и дракона). Не исключено, что хунны, даже зная о каких-то тонкостях этого своего рода «троянского коня», просто не придавали этому значения и использовали великолепные вещи по их прямому назначению – в качестве украшении упряжи.

Но возможен и другой вариант: в китайские изображения хунну вкладывали свое содержание. В титулатуре местной племенной знати присутствует наименование шести высших сановников как шести рогов. В скотоводческих обществах рога наделялись различными сакральными свойства и значениями (в том числе и свойствами оберега). В таком социуме, как общество кочевников-хунну, изображение единорога оказывалось вполне понятным и положительным символом. Например, у средневековых тюрок – потомков хунну, почитался Булан, мифический единорог, рог которого был вместилищем дождя и снега.

С другой стороны, из-за почти полного отсутствия антропологического материала мы до сих пор не знаем, кто был похоронен в самых больших курганах хунну. Apriori считается, что это были представители хуннской элиты, шаньюи и их приближенные. Но среди последних, помимо жен и детей, могли быть и выдающиеся военноначальники не хуннских племен или даже сами китайцы. Так, известно, что в 10 г. н.э. часть крупных китайских военноначальников из Западного края перешла на сторону хунну. Некоторые из них получили пышные титулы и заняли соответствующее положение в обществе (Материалы, 1973, с. 56—57). Именно они или им подобные могли быть погребены со столь статусными ханьскими вещами, как серебряные бляхи с единорогами.

Изготавливались ли эти вещи китайскими ремесленниками специально для кочевников, или они были частью ханьской культуры, сказать пока сложно. Но все же последнее предпочтительнее, ведь до хуннских находок последних лет подобных блях было найдено больше на территории Китая, чем в могилах хунну.

Период, к которому относятся рассматриваемые нами находки и в который проходила жизнь хозяев этих вещей – последние годы I в. до н.э. – первые десятилетия I в. н.э. В это время хунну активизировали свою внешнюю политику, т.е. стали регулярно совершать набеги на ослабленный нестабильной политической ситуацией Китай: время правления узурпатора Ван Мана было непрерывной чередой хуннско-китайских войн.

Хунну восстановили границу, установленную первыми шаньюями, и захватили Западный край. За это время у хунну сменилось несколько шаньюев. В 8 г. до н. э. к власти пришел Учжулю-жоди (считается, что именно он похоронен в 6-м кургане Ноин-Улинского могильника, доказательством чему служит богатство кургана и надпись на китайской лаковой чашечке, датированной 2 г. до н.э.). После его смерти в 13 г. н.э. на престол вступил Хянь, которого через пять лет сменил его брат Юй. Каждый из этих правителей мог оказаться в кургане в горах Ноин-Улы, как и любой человек из его окружения.

Пока мы находимся только в самом начале разгадки жизни людей, которые когда-то правили великой кочевой империей, а сегодня напоминают о себе потомкам могилами с удивительными и необычными вещами.

Серебряная бляха (лицевая и оборотная стороны) – украшение конской упряжи из могильника хунну Ноин-Ула.
Раскопки российско-монгольской экспедиции. 2006 г.

Литература

Кравцова М.Е. История искусства Китая. – Краснодар; М.; СПб.: Астрель, 2004.

Терентьев-Катанский А.П. Иллюстрации к китайскому бестиарию. – СПб., 2004.

Bunker E. C. Nomadic Art of the Eastern Eurasian Steppes. The Metropolitan Museum of Art New York Yale University Press, New Haven and London, 2002.

Борхес Х.Л. Книга вымышленных существ. – СПб.: Азбука, 1999. – 192 с.

А.В. БАУЛО

Библейские цари на хантыйском СВЯТИЛИЩЕ

БАУЛО Аркадий Викторович – доктор исторических наук, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Область научных интересов: традиционное мировоззрение и обрядовая практика народов севера Западной Сибири.
Автор 5 монографий и более 50 статей

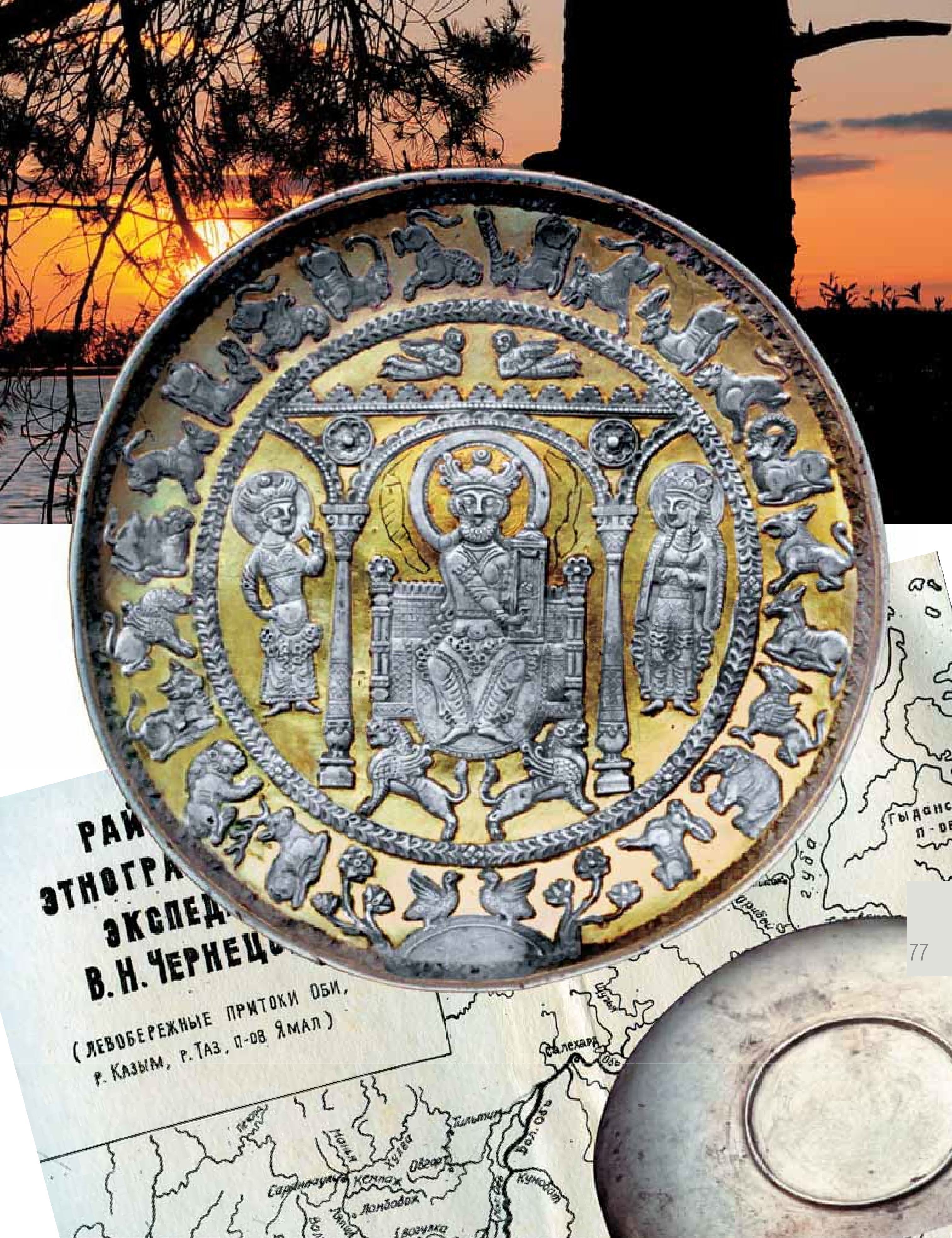
В 1938 г. на Урале в верховьях Лозьвы выдающийся исследователь древних культур Сибири В.Н. Чернецов записал легенду о серебряном блюде, которое выловили на Оби при неводьбе рыбы и позже доставили на одно из мансийских святилищ. В 1985 г. И.Н. Гемуеву и автору настоящей статьи удалось обнаружить это блюдо: оно действительно находилось в качестве одного из главных фетишей на культовом месте, расположенном недалеко от селения Верхне-Нильдино на Северной Сосьве. Нильдинское блюдо оказалось двойником Аниковского блюда, найденного в 1909 г. в Верхнем Прикамье и ныне хранящегося в Эрмитаже*.

Интересно, что в первом варианте легенды, записанной В.Н. Чернецовым, говорилось о том, что среди рыбы, выловленной неводом, были «семь блюд и все одинаковые». С одной стороны, возможно, из этого же набора было и Аниковское блюдо, поскольку в конце записи прямо указывалось на то, что остальные блюда «развезли по другим местам»; с другой стороны, слова «все одинаковые» вряд ли стоит понимать в прямом смысле: с одинаковыми сюжетами. Речь могла идти о размерах, форме и других внешних признаках.

По сообщению того же В.Н. Чернецова, в 1930-х гг. еще одна «серебряная тарелка с изображением семи человек» находилась в селении Яны-пауль на Северной Сосьве. В 1997 г. мне рассказали о «шаманском месте»

Серебряное блюдо (справа), которое довелось увидеть автору на хантыйском святилище в 1999 г.

* НАУКА из первых рук, № 2(26), 2009, А. В. Бауло «Легендарное Нильдинское блюдо»



РАЙ
ЭТНОГРА
ЭКСПЕД
В. Н. ЧЕРНЕЦ
(ЛЕВОБЕРЕЖНЫЕ ПРИТОКИ ОБИ,
Р. КАЗЫМ, Р. ТАЗ, П-ОВ ЯМАЛ)
Салехард
Обь
Тильтим
Вол. Обь
Кунобат
Кемпаж
Лонбавож
Обгорт
Хулга
Манья
Вогулка
губа

Нильдинское блюдо. Средняя Азия, VIII — начало IX вв. *Фото В.Кавелина*

В. Н. Чернецов, выдающийся исследователь народов Западной Сибири, в традиционной мансийской одежде. 1920-е гг.
Страница из его экспедиционного дневника (вверху справа).
Страница из книги «Источники по этнографии Западной Сибири» с легендой о семи блюдах

в верховьях р. Ялбынья (левый приток Северной Сосьвы).Рядом с культовым амбарчиком там установлены три камня, на которых лежит потемневшее от времени большое серебряное блюдо с изображением четырех всадников. Увы, последние два блюда пока не дошли до специалистов.

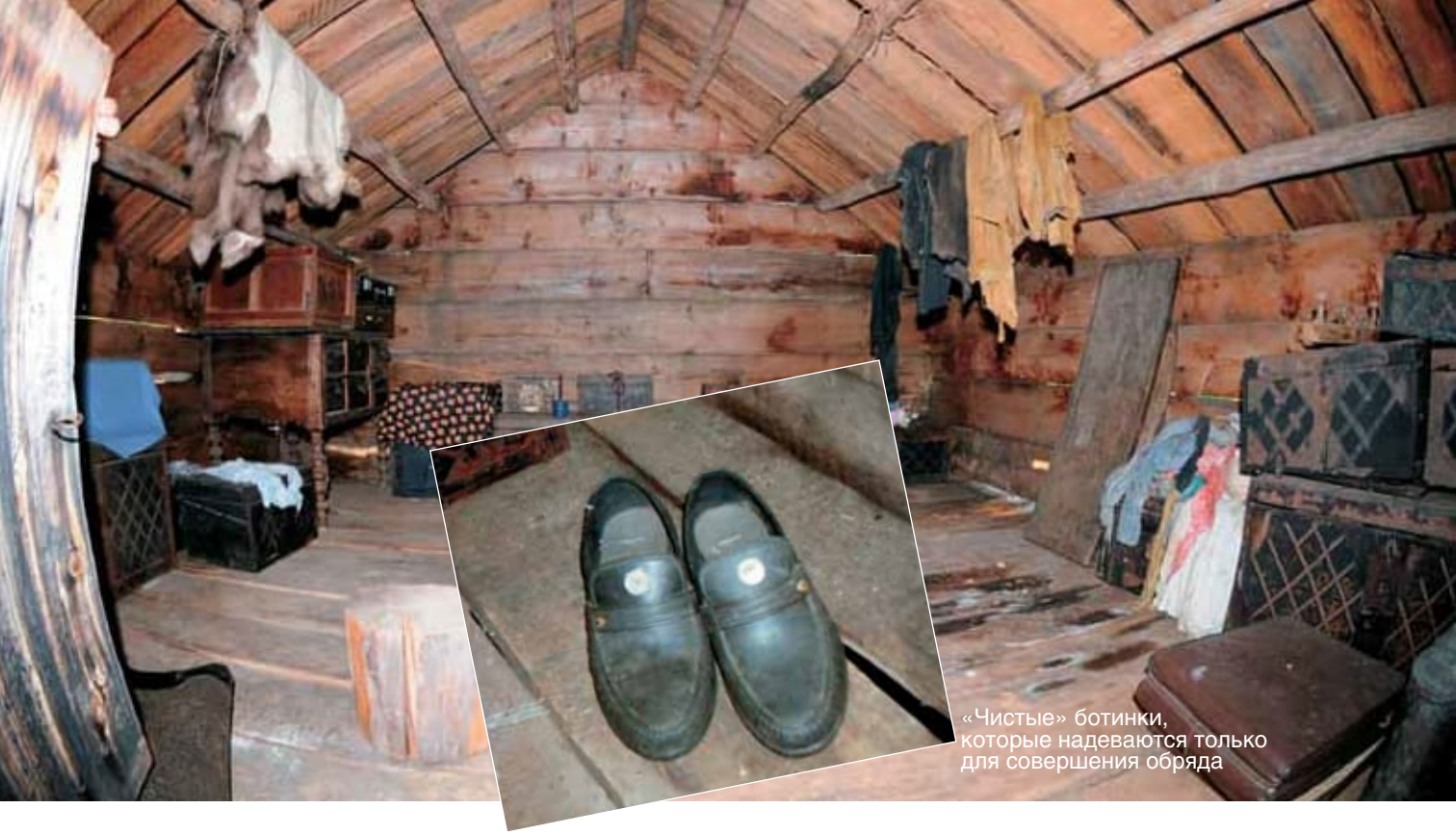
Поиск продолжался. Бывая в различных хантыйских и мансийских селениях в Нижнем Приобье, я всегда показывал местным жителям фотографию Нильдинского блюда, надеясь буквально на чудо. В 1999 г. старик-хант, рассматривая снимок, неожиданно оживился, сказав, что на местном святилище есть подобная, по его словам, «византийская» тарелка.

В гостях у «собачьего бога»

Путь на святилище оказался непростым, хотя оно располагается в пределах видимости с берега Оби; сложнее всего оказалось уговорить хозяев пустить чужака на священную территорию. Переговоры продолжались весь вечер и затянулись далеко заполночь. Большую часть времени меня не покидало пессимистическое настроение.

Однако утром вместе с четырьмя братьями-хозяевами мы все же стояли у амбарчика, кланялись, поворачивались трижды «по солнцу», ставили рюмку водки и тарелку с белой рыбой божеству, просили его не гневаться на нас за визит в неурочное время. Хранитель святилища достал четыре сабли, обозначающие фигуры

Прорисовка блюда, найденного в 1999 г. Гравировки выполнены тонким режущим орудием уже на территории Урала или Западной Сибири. С помощью подобных гравировок сюжет блюда адаптировался к местным религиозным представлениям. Внизу показаны фигуры животных на лицевой стороне блюда, и антропоморфная фигура – на его оборотной стороне. *Рисунок С.А. Шендрик*



«Чистые» ботинки, которые надеваются только для совершения обряда

НА ХАНТЫЙСКОМ СВЯТИЛИЩЕ

Внутри амбарчика у дальней стены стоит большой сундук, в котором хранится фигура главного из живущих здесь духов – Курт-аки. Его голова выполнена из цельного куска дерева и покрыта лентой золотого позумента. Волосы обозначены лисьей или собачьей шкурой. К нему обращаются в трудные моменты, обещая отблагодарить за помощь. Обет обязательно нужно выполнить, в противном случае человека ждут лишения или болезнь. Кроме того, Курт-аки известен как «собачий бог», его зооморфная ипостась – собака или рыжая лиса. Одним из подношений божеству являются разных размеров свинцовые фигурки собак.

На сундуке стоят фигуры пяти духов-покровителей: четыре представляют собой сабли с привязанными к рукояткам платками, пятый – Инк-вэрт-пох – набор стрел, обмотанный кусками материи. Ему преподносят дары для того, чтобы на воде не тонули люди.

В трех метрах справа от лабаза растет несколько тальниковых деревьев. Между амбарчиком и деревьями кладут жердь, на которую вывешивают сабли, жертвенные платки и шкуры.

Дважды мне пришлось побывать на церемонии угощения духов. Присутствовали четверо родных братьев, причем хранителем святилища является младший из них, Александр.

По приходу на место первым делом развели костер из хвороста, который был собран заранее и сложен под деревьями. Из стоящего за жилым домом лабаза, в котором хранятся старинные священные сундуки, Саша принес чистые ботинки, на каждый из которых сверху была нашита 20-копеечная монета, обвел их «по солнцу» над огнем («очистил»), затем трижды погрел над костром руки. Зажженной чагой хранитель окурил дверцу, открыл ее и поставил дымящуюся чагу внутрь. Между тем на костре начали варить уху и чай.

Саша надел чистые ботинки и забрался внутрь лабаза (по обычаю сначала достают сабли, первую выносит и заносит обратно только хозяин места; к остальным четырем допускается один из братьев), вынес саблю рукоятью вперед и повесил с одной стороны жерди, с другой стороны в качестве противовеса закрепил большую часть платков. Две другие сабли он подал старшему брату рукоятью вперед, который повесил их на жердь справа от первой сабли. Рукояти сабель были обмотаны лоскутами ткани, лезвия обнажены.

Следующим вынесли Инк-вэрт-поха (пучок стрел) и поставили его у тальниковых деревьев, прямо под жердью, наконечниками вверх. Последней достали и повесили на жердь четвертую саблю, а справа от сабель водрузили две лисьих и барсучью шкуры.

Под висящие сабли на землю положили доску, на нее поставили чашку с копченой рыбой, а позже – тарелку с ухой и бутылку водки. Еще одну чашку с копченой рыбой и бутылку водки хозяин занес внутрь амбарчика.

Перед амбарчиком положили три доски: два «сиденья» и «стол» между ними, на который выставили угощение для присутствующих: рыбу, хлеб и водку. Мужчины встали лицом к амбарчику и трижды сделав поклон

Священный амбарчик и сабли, вывешенные на перекладине во время обряда

головой, повернулись вокруг себя «по солнцу». Затем состоялась трапеза, в ходе которой тарелки с рыбой и водка были поставлены на крыльцо амбарчика и на доску под жердью – так «угощали» духов.
После трапезы атрибутику стали уносить в обратном порядке. Но прежде все по очереди трижды целовали лезвие каждой сабли, а затем пучок стрел. Убрали жердь и доски, закрыли дверцу лабаза. Опять совершали поклоны головой и повороты «по солнцу».
Человек, впервые сюда пришедший, должен бросить внутрь лабаза монетку. По рассказам информаторов, на святилище нередко ворожили с топором шаманы: одни молча, а другие с пением. Для жертвоприношения привозили кур, зимой забивали оленя.

духов-покровителей: они стояли у задней стены на большом сундуке, в котором хранится фигура местного божества, затем из сундука вынул завернутое в красный платок блюдо. Во время обряда в него кладут куски жертвенного хлеба, которые могут брать только старейшины или гости-сироты.

«Семь блюд и все одинаковые»... Мне посчастливилось держать в руках и Нильдинское блюдо, и блюдо с хантыйского святилища на Малой Оби. Они действительно одинаковые: по форме, диаметру, весу, металлу, способу изготовления, – все это видно в первые мгновенья.

Главное местное божество, охраняющее блюдо

Священная «византийская» тарелка

Блюдо оказалось большим и тяжелым: диаметр – 24 см, а вес – около 1 кг. Оно целиком отлито из серебра, фон фигур покрыт позолотой.

Следует напомнить, что подобные изделия попадали на Север уже в VII–VIII вв.: среднеазиатские купцы обменивали их на мех, моржовый клык и даже ловчих птиц. Кажется странным, но блюда, изготовленные в Иране, Хорезме, Согде сохранились в большей степени на Урале (в составе так называемых кладов), на Востоке же во времена завоевания арабов, бурных переворотов и мятежей серебро было переплавлено в звонкую монету. В итоге львиная доля восточного металла сегодня хранится в Эрмитаже, единицы выставляются в Лувре, Британском музее, Метрополитен-музее и др.

По окружности блюда расположены 20 фигур животных, внизу – две птицы с поднятыми вверх крыльями, стоящие на кромке суши. Изображения животных включают реально существующие виды (марал, лев, верблюд, горный козел, заяц, слон, баран, благородный олень, винторогий козел) и мифические персонажи (среди последних – три крылатых хищника).

Главная сцена происходит в зале дворца. В арочном проеме расположен трон, опирающийся на головы двух крылатых львов. На троне сидит царь, на его голове большая корона с крыльями, слева – музыкальный инструмент, напоминающий кифару.

В левом (от зрителя) проеме изображен мужчина: его правая рука опущена на бедро, левая, с двумя сложенными перстами, поднята вверх. На голову надета корона с сомкнутыми крыльями, венчаемая, как и в первом случае, полумесяцем и шаром.

В правом проеме изображена женщина с короной на голове. В верхнем сегменте центральной части блюда показаны два парящих ангела.

И поклонятся ему все цари…

Согласно версии автора статьи, на лицевой стороне блюда художник изобразил сцену, связанную с легендарными правителями Израильско-Иудейского царства – *Давидом* и *Соломоном*.

Наиболее вероятно, что на троне восседает Давид (X в. до н. э.) – герой ветхозаветного повествования, с которым последующие иудаистическая и христианская традиции связали мессианские чаяния: по Евангелию от Матфея [1, 20-21], Иисус являлся прямым потомком Давида. На блюде последний изображен почтенным старцем, что согласуется с библейским текстом: «...тридцать лет было Давиду, когда он воцарился; царствовал сорок лет» [2 Царств 5, 4].

Одним из основных аргументов в пользу Давида является изображение царя с музыкальным инструментом в руках. Согласно Библии, Давид прославился сочинением и исполнением псалмов «на восьмиструнном» [Псалтирь 6] или «на струнных орудиях» [Псалтирь 55]. В средневековом искусстве Давид часто предстает как музыкант с инструментом (обычно арфой) в руках. В качестве хрестоматийных примеров можно упомянуть изображение Давида на рельефах храма Покрова на Нерли, Дмитриевского собора во Владимире, храма Рождества богоматери в Боголюбове.

Серебряное блюдо во время обряда

Изображение играющего Давида среди зверей и птиц восходит к античному образу Орфея, на который наслоился раннехристианский образ Доброго пастыря.

По правую руку от Давида изображен Соломон, третий царь Израильско-Иудейского государства (ок. 965–928 гг. до н. э.), который предстает в ветхозаветных книгах величайшим мудрецом. На блюде он показан еще молодым человеком, но уже коронованным наследником Давида: «Давид, состарившись и насытившись жизнью, воцарил над Израилем сына своего Соломона» [1 Пар 23].

Кажется очевидным, что по замыслу автора (или заказчика) блюда Давид здесь исполняет псалом о Соломоне, предрекающий ему обширное владычество:

Он будет обладать от моря до моря
и от реки (Евфрат) до концов земли.
Падут пред ним жители пустынь,
и враги его будут лизать прах.
Цари Фарсиса и островов
поднесут ему дань;
цари Аравии и Савы
принесут дары.
И поклонятся ему все цари;
все народы будут служить ему [Псалтирь 72 (71), 8–11]

Неслучайно присутствие на блюде фигур ангелов. Известна хвалебная песнь Давида «Безопасность уповающего на Бога», текст которой в данном случае может также подчеркивать обращение отца к наследнику:

Ибо Ангелам Своим заповедает о тебе –
охранять тебя на всех путях твоих.
На руках понесут тебя,
да не преткнешься о камень ногою твоею.
На аспида и василиска наступишь;
попирать будешь льва и дракона [Псалтирь 91(90), 11–13]

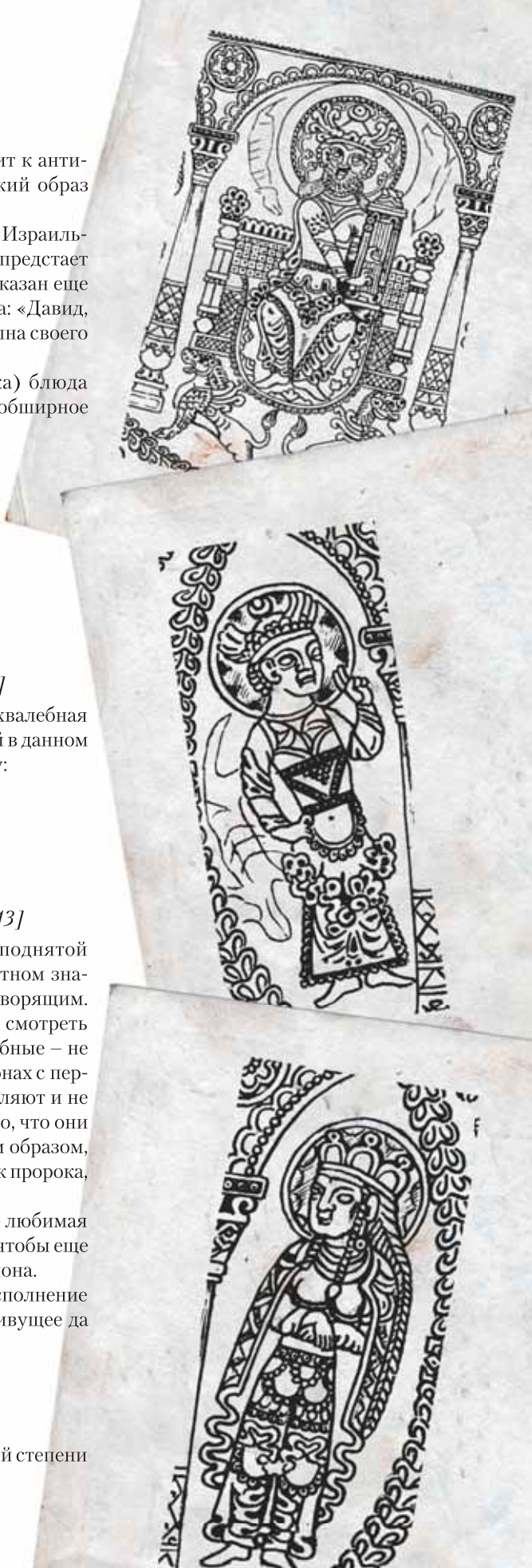
Следует обратить внимание на то, что Соломон показан с поднятой вверх левой перстосложенной рукой. Речь здесь идет не о крестном знамении или благословении, но о способе представить человека говорящим. На перстосложенные руки на священных изображениях начали смотреть как на руки благословляющие не ранее XI в., а как на руки молебные – не ранее половины XV в. «Пророки, до сих пор изображаемые на иконах с перстосложенными протянутыми руками, собственно не благословляют и не молятся, а пророчествуют, т. е. перстосложенные руки – знак того, что они изображаются пророчествующими» (Голубинский, 1905). Таким образом, с одной стороны, жест Соломона подчеркивает его значимость как пророка, с другой – представляет говорящим.

Присутствующая во дворце женщина, скорее всего, *Вирсавия* – любимая жена Давида и мать Соломона. Она сыграла главную роль в том, чтобы еще при жизни Давида произошло официальное возвышение Соломона.

Изображение на блюде *фигур животных* могло подчеркивать исполнение Давидом одного из самых известных Псалмов – 150-го «Все живущее да хвалит господа»:

...хвалите его на псалтири и гуслях...
хвалите его на струнах и органе...
Все дышащее да хвалит господа ! [Псалтирь 150, 3–6].

С другой стороны, фигуры животных могли относиться в равной степени и к Соломону, который (по апокрифу) знал язык всех зверей.



Жертвенный дар божеству: свинцовая фигурка лошади и десятикопеечная монета. Лучшей жертвой божествам считался конь, но подобная жертва часто была обременительна для семейного бюджета, да и далеко не все манси и ханты имели лошадей. Вместо жертвы можно было положить в священный сундук ее имитацию – отлитую из свинца фигурку лошади; человек, обращаясь к богу с просьбой, давал клятву зарезать лошадь при первой возможности

Металлические фигурки рыб – подношение божеству с просьбой богатого рыбного лова.

Свинцовая фигурка собаки – «профильное» подношение Собачьему Богу. Собаку нельзя было убивать, но иногда она погибала случайно от пули охотника или же человек умерщвлял старое немощное животное, чтобы оно не мучилось. Искупить подобный грех была призвана свинцовая отливка в виде собачьей фигурки

Посланцы Древнего Востока

Обнаруженное на хантыйском святилище серебряное блюдо по представленному на нем сюжету – единственное в своем роде; оно было отлито в VIII–IX вв. в Средней Азии. Как говорилось выше, по основным размерам, технике изготовления и способу нанесения декора оно соотносимо с Аниковским и Нильдинским блюдами.

Наиболее близкие аналогии блюдо имеет с изделиями, изготовленными в Восточном Иране и Средней Азии в VI–IX вв., при этом художник использовал традиции более ранней (сасанидской) эпохи. Главной идеей канона того времени был показ величия обожествленной власти, выработка идеала «царя царей» (в том числе, в тронной сцене с участием членов семьи). Причиной унификации сюжетов, иконографии и стиля явился взаимообмен культурными ценностями на «Великом шелковом пути», проходящем через Среднюю Азию.

Сюжет блюда с Малой Оби использует важные эпизоды Ветхого завета. Именно поэтому оно является исключительно редким памятником, относящимся к раннему периоду существования христианства в Средней Азии.

Движение несториан на восток начинается после низложения константинопольского архиепископа Нестория на третьем Вселенском Соборе в 431 г. Его взгляды встретили поддержку в Сирии и оказали влияние на персидскую христианскую церковь. В 499 г. среди персидских христиан несторианство было провозглашено официально. Несторианские общины Ирана пользовались покровительством сасанидских царей, а позднее и арабских правителей. К началу VI в. христианско-несторианская община во главе с епископом была и в Самарканде. Король тюрков и правитель Семиречья Арслан Иль-Тюргюк (766–840 гг.) обращался к патриарху Тимофею с просьбой прислать «в страну» несторианского митрополита. В Хорезме колонии христиан существовали в VII–VIII вв.

Многочисленные свидетельства существования христианских общин в Средней Азии слабо подкреплены материальными памятниками. В лучшем случае речь идет о развалинах храмов, крестах, редких надписях и пр. В этом ряду блюдо с Малой Оби занимает уникальное место. В данном случае ветхозаветный сюжет и его основные персонажи оказались выполнены в рамках сасанидских традиций в интерьере раннесредневековой среднеазиатской архитектуры. Давид совершено естественно изображен в русле иранского канона «царя царей», поскольку ко времени изготовления блюда существующие легенды представляли его именно в этом качестве.

Можно предполагать, что в Средней Азии была отлита целая серия блюд с библейскими сюжетами для группы христианских миссионеров, отправившихся в составе торгового каравана в Сибирь. Подтверждением этому являются ранее упомянутые два серебряных блюда (Аниковское и Нильдинское) со сценами из Книги Иисуса Навина. Впрочем, блюдо с Давидом и Соломоном могло быть отлито и для какого-нибудь торжественного события например, занятия престола одним из царей Средней Азии, вышедшим из христианской среды.

Нуми-Торум – творец Вселенной

Самым загадочным остается вопрос о том, почему изделие, принадлежащее к творениям совершенно иной культуры, достаточно органично вошло в обрядовую сферу хантов? Скорее всего, потому, что сюжет блюда был «прочитан» сквозь призму местных мифологических представлений.

В центре сцены – изображения трех фигур. В мифологии обских угров представлены три наиболее значимых персонажа, связанные между собой родством и нередко упоминаемые вместе: Верховный бог Нуми-Торум, его жена – Калтась и их младший сын (наследник дела отца на Земле) – Мир-сусне-хум. Размещение фигур Давида, Вирсавии и Соломона вместе вполне соответствовало мансийским представлениям о собственных божествах.

Понятным для обских угров, видимо, мог быть и сюжет, находящийся в нижней части блюда. Здесь на полукруглой кочке сидят две птицы. В конце XIX–начале XX вв. у обских угров было записано несколько вариантов священного сказания о возникновении Земли.

В соответствии с основным космогоническим мифом, гагара (или две птицы), посланная Нуми-Торумом, достала со дна океана комок ила, который постепенно увеличился до размеров маленькой кочки, и только на третий (десятый и т. п.) день все стало Землей. Примечательно, что в одном из вариантов мифа землю достают железные птицы.

Таким образом, можно предположить, что первоначальное осмысление представленных на блюде фигур прошло в рамках сказания о возникновении Земли. В центре – Светлый муж-отец Нуми-Торум, творец Вселенной, его жена (Калтась) и их сын-богатырь Мир-сусне-хум. Внизу – две гагары на кочке ила, который они достали со дна океана. Сидящий на троне Нуми-Торум творит Землю, создавая различных животных. Образы многих животных на блюде были малопонятны предкам современных хантов и манси, и они дополнили их собственными изображениями, в частности, волка и, возможно, лося.

К сожалению, в год моего посещения хранитель места, известный шаман, был тяжело болен и сразу после Нового года умер. Он унес с собой в могилу рассказы об истории блюда, которые объясняли, с точки зрения хантов, семантику представленных на нем фигур. Новый хранитель и его братья слышали о таких рассказах, но воспроизвести их уже не могли. Они помнили только, что представленная на блюде фигура сидящего на троне царя с шапкой пышных волос воспринималась в местной традиции как изображение крупнейшего регионального божества – длинноволосого Тэк-ики.

Несмотря на то что толкование самого сюжета утеряно, серебряное блюдо – замечательный памятник Древнего Востока , уже более тысячи лет сохраняется в качестве священного атрибута хантыйского святилища.

Литература:

Бауло А.В. Серебряное блюдо с Малой Оби // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2000. – № 4. – С. 143–153.

Библия. Книги священного писания Ветхого и Нового Завета. – Брюссель, 1973. – 2358 с.

Гемуев И.Н. Еще одно серебряное блюдо из Северного Приобья // Изв. СО АН СССР, сер. истории, филологии и философии. – Новосибирск, 1988. – № 3. – Вып. 1. – С. 39—8.

Голубинский Е. К нашей полемике с старообрядцами. – М.: Б.и., 1905. – 260 с.

Даркевич В.П. Художественный металл Востока. – М.; Л.: Наука, 1976. – 198 с.

Чернецов В.Н. К вопросу о проникновении восточного серебра в Приобье // ТИЭ, н.с. – 1947. – Т. 1. – С. 113—134.

Marschak B.I. Silbersch tze des Orients. Metallkunst des 3. – 13. Jahrhunderts und ihre Kontinuit t. – Leipzig: VEB E.A. Seemann Verlag, 1986. - 438 S.

А.В. КОСТИН

«Живое» серебро Олонхо

Серебро – один из древнейших металлов, добываемых из недр. Оно не окисляется на воздухе, обладает рекордными электропроводностью и теплопроводностью, легко сплавляется с другими металлами. Благодаря этим свойствам серебро применяется в промышленных технологиях, медицине и ювелирном деле. Потребление серебра устойчиво растет, а потребность в нем превышает предложение, ведь большинство богатых месторождений уже выработаны. Одно из исключений – серебряные залежи Якутии, где встречается удивительное самородное серебро, внешним видом мало напоминающее обычные минералы

Серебро, как и положено «благородному» металлу, – далеко не распространенный химический элемент: в земной коре его содержание не превышает стотысячной доли процента. Основная часть серебра встречается в природе в виде минералов – соединений серы, сурьмы и т. д., а также в полиметаллических рудах.

Самородное серебро попадается нечасто. Его основные промышленные месторождения находятся в Германии (Рудные горы), в Северной Америке (Кордильеры), в Европе (Карпаты), в Японии, Новой Зеландии. Находки крупных серебряных самородков – очень редкое событие. В основном это случалось в Западной Европе: например, в месторождении серебра в Шнееберге в Рудных горах был обнаружен самородок весом около 20 тонн! Много серебряных самородков находили и в России в XVIII в. (на Алтае и о. Медвежьем).

КОСТИН Алексей Валентинович –
доктор геолого-минералогических наук, заведующий лаборатории геологических информационных технологий и лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Института геологии алмазов и благородных металлов СО РАН (Якутск). Автор и соавтор свыше 70 научных работ. Хобби – фотография

Схема размещения главных месторождений серебра Западно-Верхоянского геолого-экономического района (Якутия). По оценкам, промышленные запасы серебра составляют здесь около 60 000 т

Сегодня большинство богатых серебряных месторождений выработаны, на многих добываются даже бедные серебром руды. К числу районов с абсолютно не тронутыми месторождениями серебра относится Западно-Верхоянский геолого-экономический район Восточной Якутия. Его ресурсный потенциал – 60 тысяч тонн серебра! Изучением этих перспективных месторождений занимаются ученые из Института геологии алмаза и благородных металлов Якутского научного центра СО РАН.

Являясь достаточно редким минералом, серебро изучается, может быть, более детально и тщательно, чем многие другие минералы, что приносит неожиданные открытия. Именно это и случилось с якутскими учеными на Мангазейском месторождении в Западном Верхоянье.

Серебряный «мох»

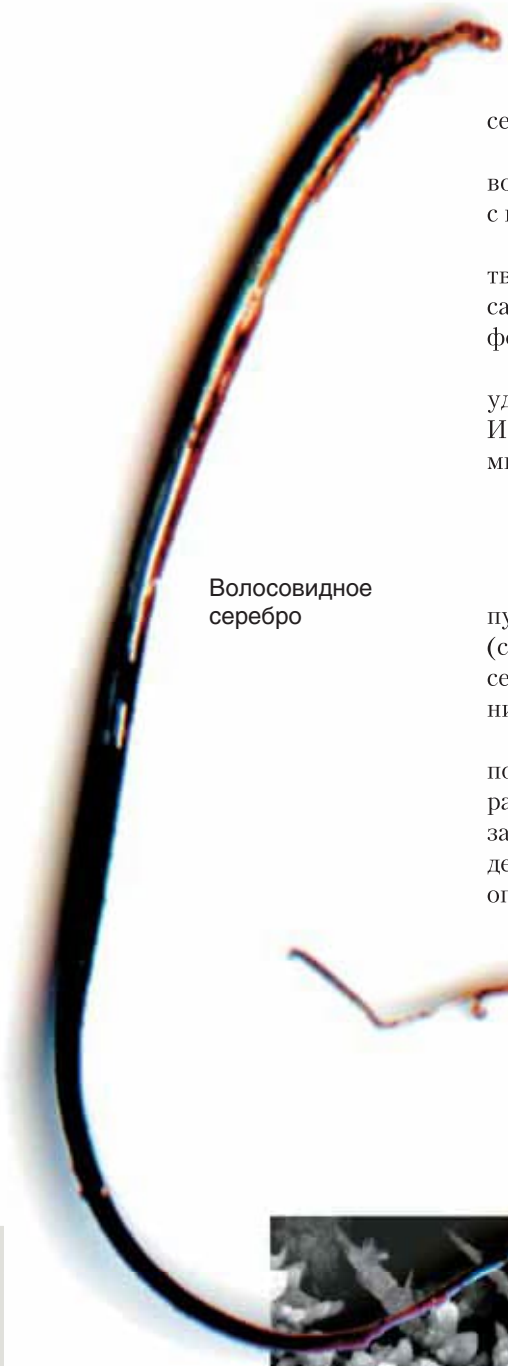
Самородное серебро геологи ищут всегда – его находки издавна считаются большой удачей. Дело в том, что они являются свидетельством определенных условий рудообразования, отвечающих самым богатым участкам серебряных месторождений – *рудным столбам*.

Поэтому, работая на Мангазейском месторождении, образцы из рудных жил исследовали в первую очередь на наличие в них самородного серебра. Чаще всего его там не оказывалось; в других же случаях в друзах карбоната или кварца попадались пучки каких-то по виду то ли ржавых «проволочек», то ли пучков засохшего мха.

Самородное серебро в кварц-сидеритовой друзе рудной зоны Вертикальная. Месторождение Мангазейское. *Находка аспиранта ИГАБМ СО РАН Л.В. Осипова*

Серебро самородное – минерал из класса самородных элементов; химический состав колеблется от почти чистого серебра (не более 1,5% примесей) до природных твердых растворов с золотом, сурьмой и ртутью. Самородное серебро обычно встречается в виде тонких неправильных пластин и листочков, проволокообразных или дендритоподобных сростков, зерен неправильной формы и более крупных сплошных скоплений (самородков), изредка – в виде кубов и октаэдров. Цвет самородного серебра в свежем изломе – белый, часто поверхность покрыта черной пленкой. В полированных шлифах отличается очень высокой отражательной способностью

Проволоки самородного серебра, покрытые гидроокислами железа в друзе окисленного сидерита



Волосовидное серебро

Геологи не обращали внимание на эти артефакты, пока при бурении с глубины 180 м не был поднят керн, содержащий такой же «мох». Истина оказалась рядом: это были проволокообразные сростки из чистого серебра!

Часть их была покрыта гидроксидами железа и имела вид ржавой проволоки, другая была ослепительно белого цвета, как будто только что с прилавка ювелирного магазина.

Чуть позднее такое самородное серебро было найдены в большом количестве в рудных жилах на поверхности месторождения. Форма находок была самой различной: в виде проволок, дендритов, тонких пластинок и даже фольги, выросшей между гранями кристаллов карбоната.

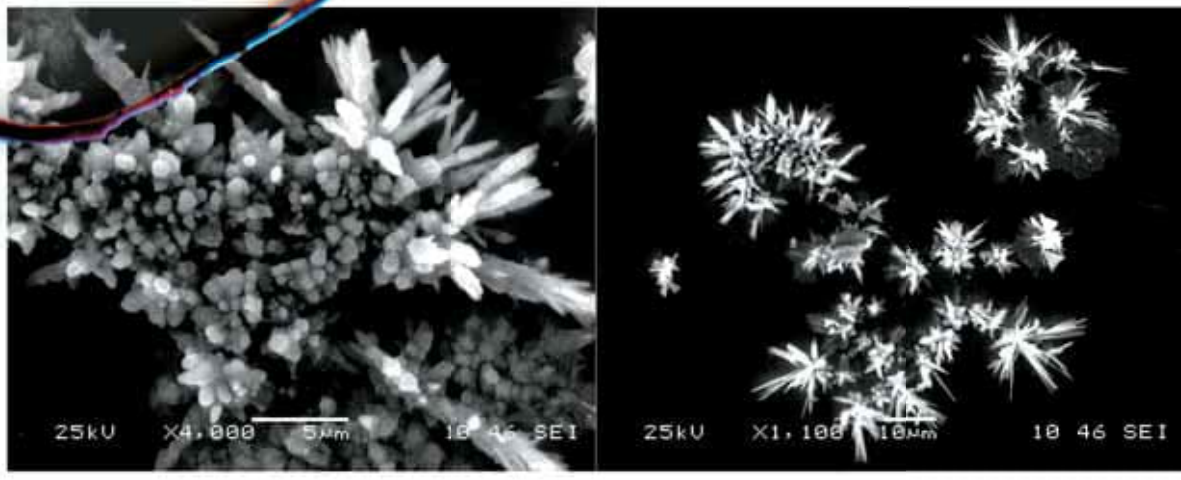
Удивительно, что его оказалось так много и такого разного, но еще удивительнее было то, что геологи наконец-то научились его «видеть». И, конечно, заинтересовались происхождением, составом и строением этого минералогического феномена.

Родом из фрейбергита?

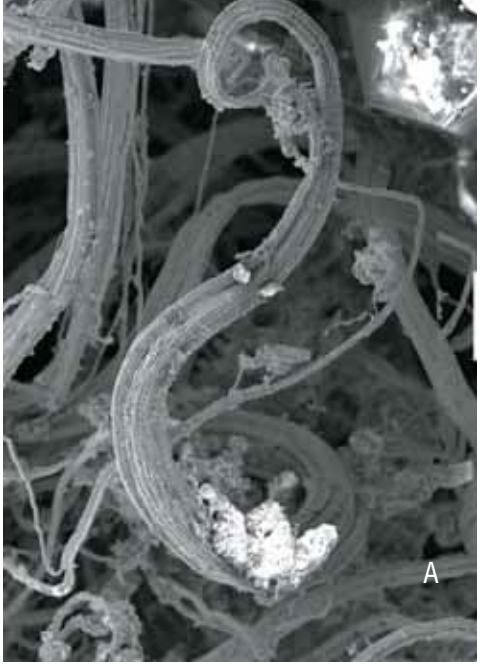
Самородное серебро в виде проволоки образуется в основном в друзовых пустотах, сложенных кристаллами *кварца*, *карбоната* и иногда *галенита* (сульфида свинца). Вместе с серебром в образцах почти всегда встречается серебросодержащий минерал *фрейбергит* ($(Ag,Cu,Fe)_{12}(Sb,As)_4S_{13}$). Последний считается одним из главных носителей серебра в рудах.

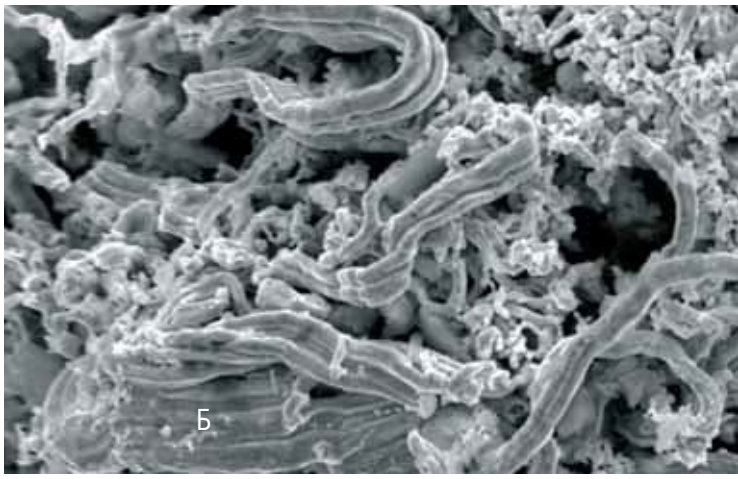
Обычно для изучения минерального состава руд готовятся специальные полированные образцы, которые рассматриваются и анализируются в отраженном свете рудного микроскопа при различных увеличениях. И оказалось, что в полированных образцах фрейбергита под воздействием света действительно может вырасти самородное серебро – это было подтверждено опытным путем. Этот факт натолкнул на мысль, что какая-то часть серебряных «проволок» в природе могла образоваться их фрейбергита.

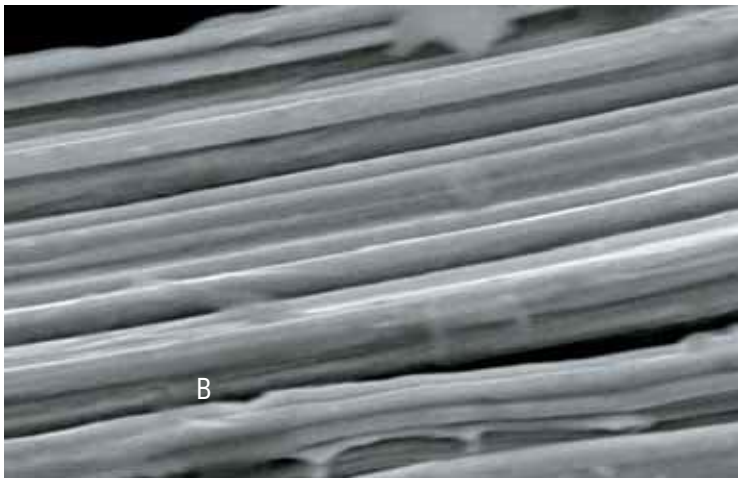
Но что послужило толчком – ведь под землей солнечного совещения нет? Вероятно, эту роль могло сыграть высокое давление, обусловленное весом толщи осадочных пород или тектонической активностью.



Иголки самородного серебра, выросшие из минерала фрейбергита на свету







Образцы самородного серебра в виде проволоки исследовали на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV. На основе этих данных установлено, что на начальной стадии роста формируются глобулярные, почковидные и тонкозернистые выделения самородного серебра (А). Следующая форма самородного серебра – агрегаты сближенных волокон, из которых произрастают прямые и закрученные серебряные проволоки, на которых при большом увеличении видны зародыши кристаллов пластинчатого серебра размером от 1 до 20 микрон (Б) и параллельно-волокнистое строение агрегатов (В)

Как и где?

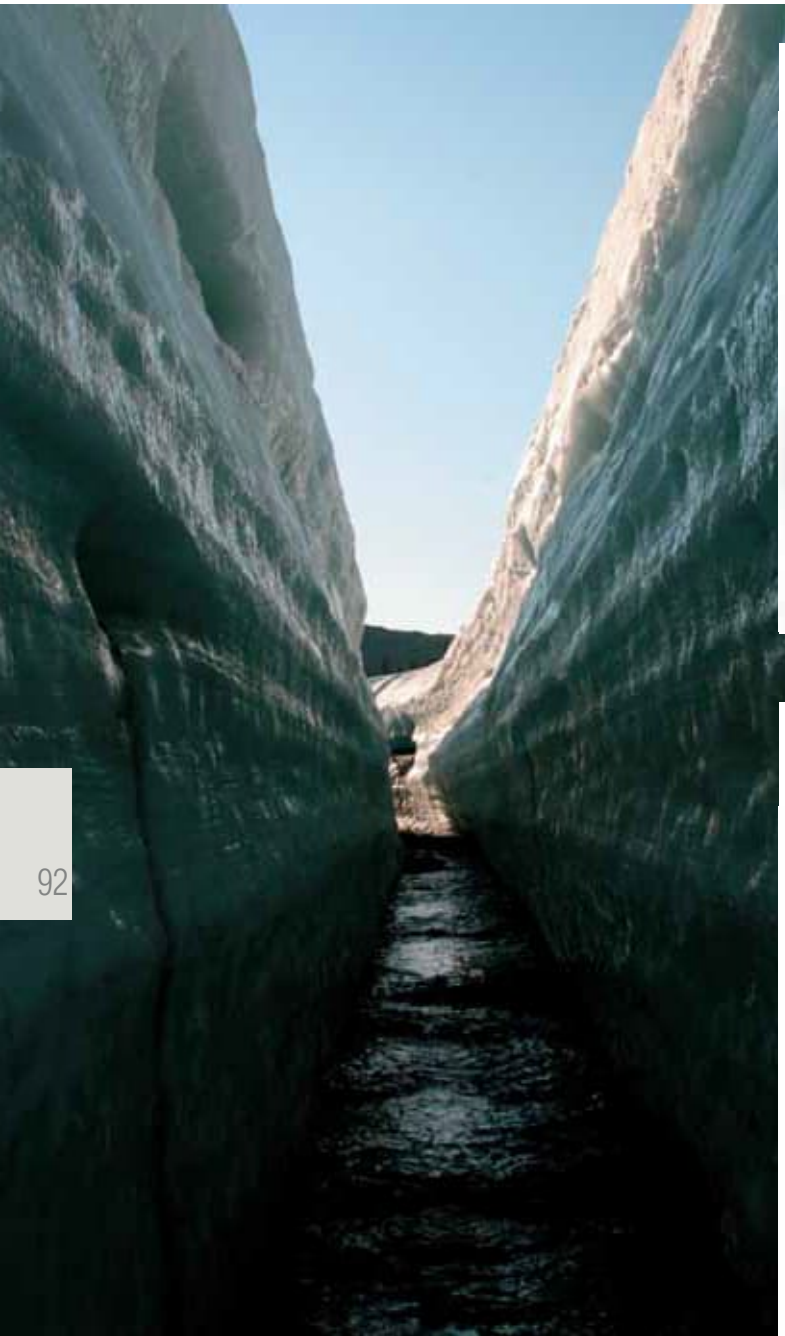
Исследования спомощью электронной микроскопии показали, что на раннем этапе роста серебряная проволока внутри – полая. Серебряные дендриты начинают рост с краев проволок и постепенно вся полость зарастает. Проволока может вырасти до нескольких сантиметров длиной, при этом ее корневая часть толще, чем окончание, что придает ей вид волоса.

Такая форма серебра объясняется тем, что нитевидные кристаллы растут не «головкой», а основанием, выдавливаясь из пористого субстрата, подобно пасте из тюбика. Толщина и форма одной нити соответствует диаметру поры; суммарная толщина пряди из множества нитей может доходить до двух миллиметров. Встреча «головки» агрегата с препятствием не прекращает его рост у основания, а серебро – металл достаточно пластичный. Поэтому кристалл изгибается и продолжает рост. Наверное, именно поэтому мы и находим спутанные проволоки серебра в друзовых полостях, где пространство ограничено.

Самородное серебро часто встречается в зоне окисления богатых серебряных руд. Ее можно проследить по высыпанию «ржавых» камней

Самородное серебро достаточно часто образуется в зонах окисления месторождений. Для этого богатые серебряные руды должны располагаться на плоской вершине горы. Обычно зона окисления прослеживается по высыпкам «ржавых» камней – остаткам карбонатной жилы с минералами серебра. Если же жила вскрывается на склоне, то она разрушается и вымывается дождевыми и талыми водами, и никакого серебра там не найти.

Одна из наиболее ярких и познавательных зон окисления на Мангазейском месторождении – рудная зона Стержневая, обнаруженная геологом В. В. Шошиным в 1991 г. по развалам окисленных руд с обильными выделениями самородного серебра и малахита. Совместное нахождение этих минералов доказывает, что первичные руды состояли преимущественно из фрейбергита (в его состав входят серебро и медь).



Самородки серебра из зоны окисленных руд

Образец карбонатно-фрейбергитовой окисленной руды. На малахите и карбонате – пластинки самородного серебра

При промывке шлиха из материала окисленных серебряных руд на лотке среди темно-коричневого карбоната остается дорожка из серебряной пыли и серебряные самородки. Таким образом, благодаря окислению и разрушению первичной породы в природе происходит процесс вторичного обогащения серебряной руды: легкорастворимые компоненты выносятся водами, остается то, что химически малоактивно – серебро. По сохранившимся образцам можно судить о том, насколько богатой была первичная серебряная руда, и делать прогноз по добыче. Среди этих образоцов и удивительное «проволочное» серебро – разгаданная тайна Мангазейского серебряного месторождения.

В публикации использованы фото автора

Серебро в окисленных рудах обычно имеет форму лепестков, прилипших к малахиту. Когда малахит разрушается, лепестки серебра как бы парят в воздухе

В.В. ВЛАСОВ, В.С. ПРАСОЛОВ

ФОТОРЕПОРТАЖ АВТОРОВ

Самый русский ЗВЕРЬ

Край, где «медведи по улицам ходят» – такой с давних пор представала в западном сознании наша страна. Образ медведя всегда всплывал в пропаганде при обострении конфликтов с Россией: так было и во времена старорусских войн, и при атомном противостоянии в эпоху холодной войны. «Русскими медведями» называют наших боксеров и борцов, название «медведь», по натовской классификации, присвоено знаменитому российскому бомбардировщику ТУ-95.

Этот могучий зверь сегодня является устойчивой национальной символикой России: на всех политических карикатурах ее изображают в виде медведя. Но эта ассоциация прочна не только потому, что российская политика всегда соответствовала понятиям о медвежьем характере, но и из-за того, что наша страна действительно держит рекорд по численности медведей.

Наши читатели могут познакомиться поближе с этим замечательным животным благодаря уникальному фоторепортажу, сопровождаемому интересными фактами из медвежьей «биографии». Его авторам удалось немало попутешествовать в самом малодоступном «медвежьем краю» – на п-ове Камчатка, а также наблюдать за взрослением молодых сибирских медведей в условиях, близких к природным

ВЛАСОВ Валентин Викторович – академик РАН, доктор химических наук, директор Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (1999)

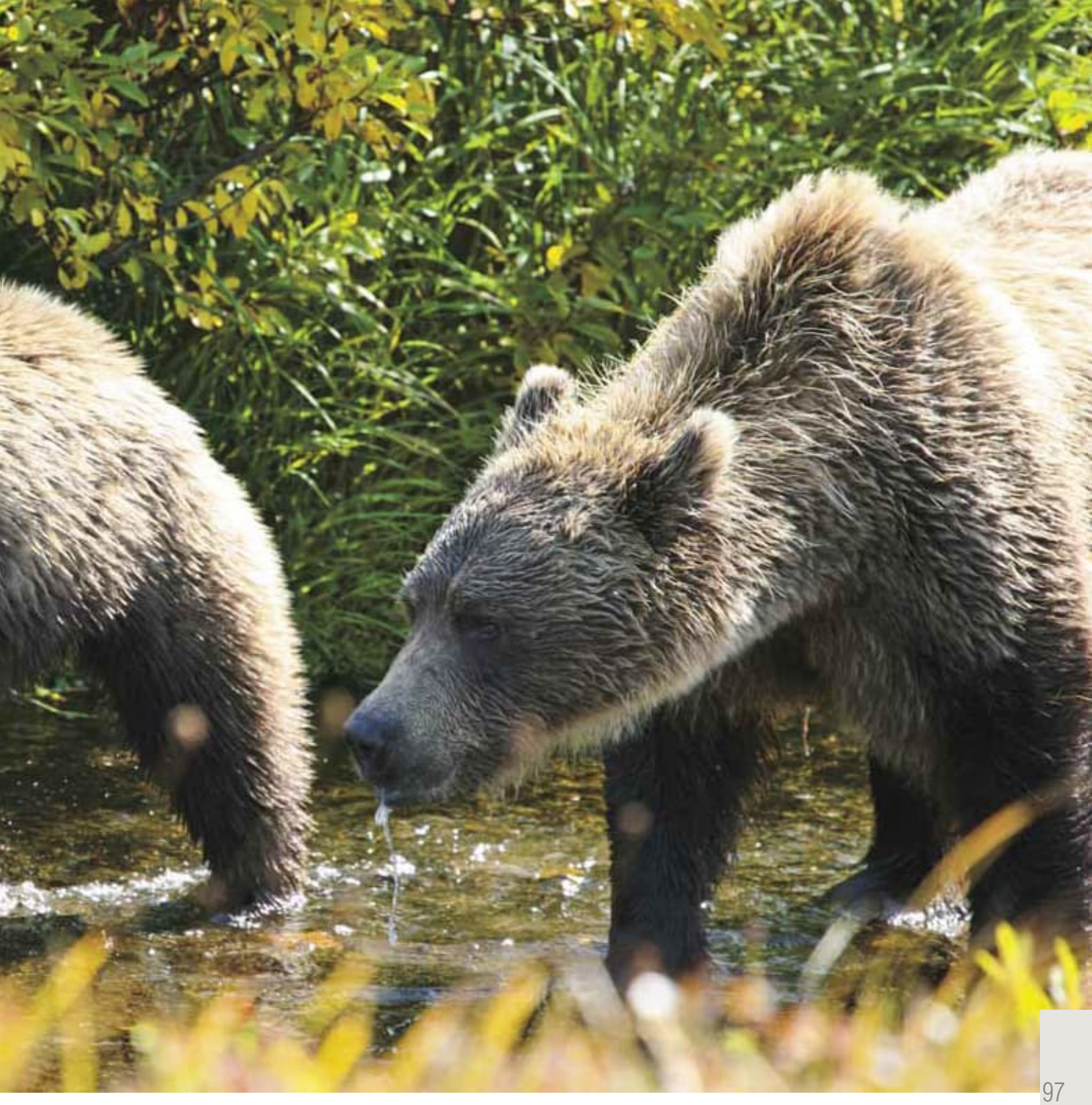
ПРАСОЛОВ Владимир Сергеевич – доктор биологических наук, заведующий лабораторией биологии клетки Института молекулярной биологии РАН (Москва). *На фото:* в Берлинском зоопарке рядом с фигурой когда-то жившего здесь медведя, выполненной в натуральную величину

Легендарный североамериканский *гризли*, великан с Аляски *кадьяк*, мелкий пустынный *мазаалай*, лесной среднерусский «мишка» – все это подвиды одного вида – *бурый медведь* (*Ursus arctos*), – самого многочисленного из крупных наземных хищников. Бурого медведя можно встретить на огромных территориях – от степей до высокогорий главным образом Северного полушария: на Аляске, в Канаде, Тибете, Гималаях, северо-восточном Китае, Корее, Монголии, Японии (о. Хоккайдо)... Небольшая численность его сохранилась и в Европе, в основном в горных районах – в Татрах, Пиренеях, на Балканах.

В России бурый медведь встречается везде, где есть леса, – от западной границы до Берингова, Охотского и Японского морей. На северо-востоке Сибири он выходит далеко в тундру, вплоть до побережья Северного Ледовитого океана. Самые крупные наши медведи живут на Востоке – на побережье морей Тихого океана, от Камчатки до Дальнего Востока.

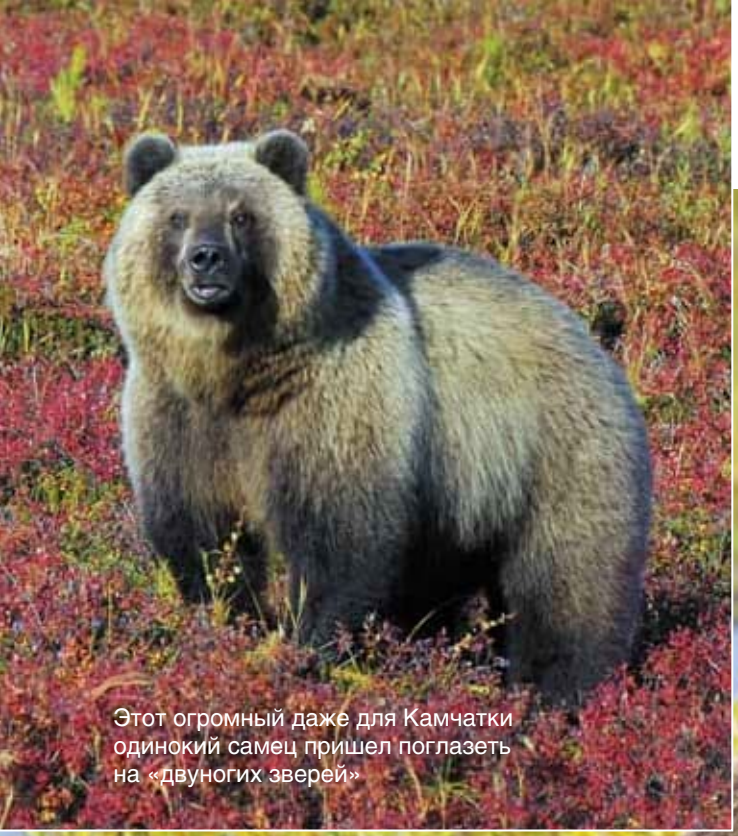
Всего в мире сейчас насчитывается около 200 тыс. бурых медведей, из них в России – 120 тыс., в США – 33 тыс., в Канаде – 21 тыс. и в Европе – 14 тыс. Такая многочисленность и широкое распространение медведей объясняются всеядностью этого зверя, а также его способностью уживаться с людьми.

Последнее обстоятельство особенно удивительно, если принять во внимание размеры зверя: обычные лесные медведи достигают веса трех, а камчатские и кадьякские медведи – до четырех-пяти центнеров!



У древних славянских и скандинавских народов этого зверя старались не называть – считалось, что так можно вызвать его опасного обладателя. Слово «медведь» (возможно, от мед-ведь, т.е. ведающий, где мед) и другие схожие по смыслу имена в обыденной речи замещали настоящее табуированное имя животного, которое со временем было забыто. Отголоски древнего обычая сохранились и поныне в многочисленных медвежьих прозвищах: Косолапый, Мишка, Потапыч, Топтыгин…

Самые крупные медведи в нашей стране обитают на п-ове Камчатка.Медвежья молодежь находится под неусыпным надзором строгих мамаш, которые всегда настороже



Этот огромный даже для Камчатки одинокий самец пришел поглазеть на «двуногих зверей»

Медведица увидела человека, подошедшего со стороны кустов, и недвусмысленно продемонстрировала свое неудовольствие

У медведя отличные слух и обоняние, но относительно слабое зрение. На пятипалых лапах – когти длиной до 15 см. Зверь очень силен – ударом лапы может сломать спину быку. Поэтому естественных врагов у него нет (в редких случаях на молодого медведя отваживается напасть стая волков). Известны случаи столкновений медведя с тигром на Дальнем Востоке, причем исход поединка определялся относительными размерами и опытом животных.

Размножаются медведи с 3—4-летнего возраста с интервалом в 1—4 года. Течка у них происходит с мая по июль, и медвежата рождаются в берлоге с января по март. Взрослые самцы держатся в одиночку, самки же – вместе с медвежатами и молодыми медведями-пестунами.

Размеры территориальных участков медведей – от 70 до 400 км². Границы помечаются царапинами на деревьях и запаховыми метками. Медведи любят жить у воды и могут преодолевать многокилометровые водные препятствия. В зимний период они обычно спят от 2.5 до 6.5 месяцев. Но их сон, в отличие, например, от спячки сусликов, неглубокий, и температура тела в это время понижается незначительно. Берлоги обычно располагаются в избранных малопосещаемых людьми местах, где иногда образуются настоящие медвежьи городки. Однажды на Алтае на участке в 1 км² было найдено 26 берлог! Неудивительно, что этот зверь, обустраивающий такую уютную зимнюю «квартиру», стал и символом предусмотрительности.

Авторам выпал уникальный шанс наблюдать и запечатлеть на фотоаппарат взросление молодых сибирских медведей в условиях, близких к природным

Наверное, медвежий год правильнее всего отсчитывать от весны, когда молодые звери впервые выходят из привычной родной берлоги в неведомый мир

Все медвежата любят лизать и сосать у человека руки, причмокивая при этом и ворча. Медвежата повзрослее начинают «обыскивать» людей в надежде найти пищу, суя свой нос в карманы и сумки. И если человек испугается или попробует обидеть малыша, то может получить удар когтями или укус

Кадьяк-рекордсмен, пойманный для Берлинского зоопарка, вытянул больше тонны! Летом 2009 г. на Аляске был застрелен гризли, который убил и съел двух туристов. Он весил 726 кг. Рост этого гиганта, когда он вставал на задние лапы, превышал 4 м, то есть голова взрослого человека приходилась на уровень нижней части его живота.

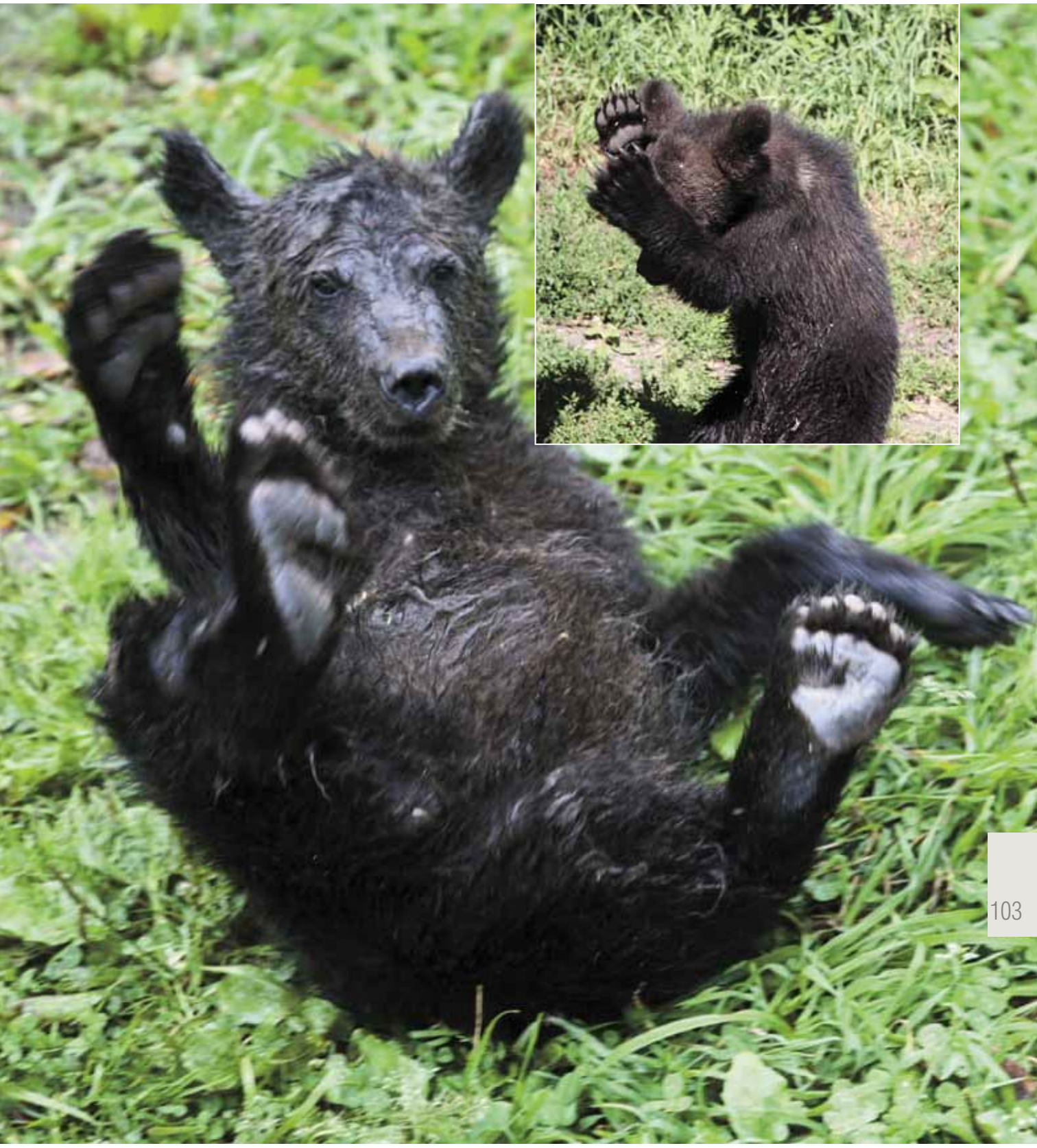
И все-таки такое кровожадное поведение по отношению к человеку для бурого медведя скорее исключение, чем правило. Ведь недаром еще знаток животных А. Брэм отмечал, что медведь «отличается рыцарским характером, чуждым всякого коварства и лжи. Не умея лукавить, он добивается своего открытой силой и не прибегает к бесполезной жестокости, подобно волкам. В основе медвежьего характера лежит полная флегматичность и любовь к покою». Известно, что спокойный от природы бурый мишка приходит в ярость лишь когда его раздразнят; недоверчива и беззаветно смела и медведица, защищающая своих детенышей.

Рядом с богами

Человеку с давних пор приходилось не раз сталкиваться с бурым медведем. Фактов, свидетельствующих об этом, великое множество, так что здесь можно привести лишь очень небольшую их часть.

Еще в первобытные времена медведь стал культовым животным, олицетворяющим мощь и бесстрашие. Более того, у многих народов он считался предком самих людей, их старшим родственником, существом, олицетворяющим связь между небом и землей.

Разговоры о полном отсутствии эмоций на медвежьей морде не совсем верны. Во-первых, медведи, как и люди, бывают разными. И морды, да и сами позы у них могут быть очень выразительными



Маленьких медвежат не боится
ни выросший с ними щенок лайки,
ни маленькие дети.
Ведь пока эти малыши ничем
не напоминают могучего «царя»
русских зверей

В совсем давние времена, когда медведь был обычен и в Европе, этот образ прочно вошел в культурный «багаж» европейских народов. Так, в эпоху античности бурый медведь ассоциировался с девственной богиней охоты, гор и лесов, покровительницей зверей Артемидой (в римской мифологии – Дианой). Наряду с другими животными медведи входили в свиту богини; прирученных медведей содержали при ее храмах. В Аттике жрицы, участвовавшие в обрядах Артемиды, облачались в медвежьи шкуры и называли себя медведицами.

С медведем были тесно связаны религиозные верования у кельтов, древних германцев... Этот могучий зверь был одним из воплощений скандинавского бога Одина: неистовые в битве *берсеркеры* (от слова «ber» – медведь) действительно одевались в медвежьи шкуры, и враги воспринимали их как настоящих медведей-оборотней.

У древних славян медведь был самым почитаемым животным. В языческие времена он ассоциировался с богом Велесом – покровителем домашней живности. В славянском фольклоре медведь является тотемом, олицетворяющим мужчину, – отца, мужа, жениха. Неслучайно появились легенды о медведе-оборотне: считалось, что люди могли быть превращены в медведей за проступки – недаром у этого зверя ступни и пальцы, как у человека.

Упоминаются медведи и в библии, причем там отношение к ним двоякое: с этим сильным диким животным сражается Давид, но те же медведи преклонились перед святой Ефимией, отданной им на растерзание.

В средневековой геральдике медведь стал символом силы, неуклюжести и добродушия. В европейских странах его изображение часто встречается на геральдических изображениях на стенах домов; на крышах католических храмов он вместе с химерами охраняет их от нечистой силы. Образ медведя запечатлен не только на гербах многих европейских, в том числе среднерусских, городов, но и в их названиях (вспомним Берлин и швейцарский Берн).

Русь медвежья

Медведь – значимый персонаж русской культуры: он фигурирует во многих былинах и сказках, в пословицах и поговорках, а также в литературных художественных произведениях, причем зачастую в качестве главного героя.

И это неслучайно: для русского человека медведь всегда был важным, хотя и неоднозначным символом. С одной стороны, на Руси медведя издавна почитали, называя человеческими именами («Миша»). Охотник, убив медведя, стремился обезопасить себя, наказывая рогатину, которой был убит зверь. Русский охотник извинялся перед убитым зверем и говорил: «не я тебя убил, а тунгус». В деревнях часто держали для забавы медвежат, а дети играли в «медвежьи игры». По деревням ходили «медвежатники», водившие медведей на цепях для людской потехи.

В то же время медведей боялись. Если и в наши дни встречаются четырех-пятиметровые гиганты, то что говорить о временах, когда встречи человека с такими чудовищами должны были происходить довольно часто! Отсюда шли рассказы о леших и нечистой силе.

Осенью медвежата обзавелись теплыми шубами и стали удивительно напоминать лохматых эвоков с заповедной луны Эндор в культовых «Звездных войнах»

Медвежата чистят свои новые шубы, окунаясь в жидкую глину и встряхиваясь. Медвежья шерсть обладает удивительным свойством очищаться от грязи с помощью такого нестандартного купания

Медведи всеядны. Три четверти их рациона составляет растительная пища (ягоды, плоды, орехи, корни). Они любят посещать кукурузные и овсяные поля, а на ягодниках пасутся часами, как коровы. Самое любимое лакомство – мед. Животная добыча в основном – мелкая: ящерицы, лягушки, грызуны, пищухи, сурки и т. п. На Дальнем Востоке медведи умело ловят рыбу, идущую на нерест. Могут поедать и падаль. При случае медведи нападают на крупных животных, а самцы могут напасть и на маленьких медвежат

Медвежата помнят, что этот человек кормил их пряниками и медом. Они ластятся к нему и лижут руки и лицо

Походка медведя на вид неуклюжая: в отличие от других зверей, передвигающихся «на цыпочках», он, как человек, ступает всей ступней

«Приемный отец» медведей – сотрудник ИХБФМ СО РАН А. П. Калупахин со своими питомцами. Молодые мишки очень любопытны и своим поведением часто напоминают шкодливых подростков

От опасного Медведя хотели защититься магией, оберегами, с ним мечтали породниться.

В русской мифологии подчеркивается гиперсексуальность медведя – считается, что он благосклонен к женщинам, на которых нападает, чтобы увести к себе и сожительствовать с ними. Согласно преданиям, от такого «брака» рождаются богатыри. Недаром в свадебных обрядах у древних славян жениха и невесту называли медведем и медведицей. А на святочных вечерах медведем наряжали молодого парня, который ходил в толпе ряженых и охотился за девушками.

С феноменом сновидений, в которых присутствует «страшный медведь», столкнулись психиатры, оказывающие помощь женщинам – носительницам российской культуры. Этот пугающий образ часто присутствует в снах пациенток, страдающих проблемами во взаимоотношениях с родными или в сексуальной сфере. Иногда медведь в таком сновидении превращается в отца – такие пациентки отмечали плохие отношения между родителями. А у страдающих неврозами россиянок замечена связь между образом пугающего медведя в сновидениях и страхом перед мужчинами. Интересно, что феномен «сновидений с медведем» известен давно: еще пушкинской героине Татьяне Лариной приснился сон со страшным медведем, который ловит ее и относит в избушку с Онегиным и нечистой силой.

ВАМ ПРИСНИЛСЯ МЕДВЕДЬ?

Медведь часто присутствует во снах людей. Вот некоторые из толкований, бытовавших в народе, связанные с возможными опасностями:

• Если вам приснился медведь – значит, наступает беспокойный период жизни, начинается борьба. Это может быть также предупреждением, что вы рискуете из-за своей грубости и бестактности обрести опасного врага, жестокого, но не очень ловкого.

• Если женщина увидела медведя во сне – значит, сильная соперница перейдет ей дорогу.

• Если во сне вы убегаете от медведя – это предвещение любовных приключений в нестандартной обстановке, сопряженных с риском.

• Раненый медведь во сне указывает на трудности в общении с противоположным полом, а также на возможность пострадать из-за сплетен злых завистников.

В то же время есть толкования, связанные с добрыми ожиданиями:

• Увидеть во сне медведя – к выигрышу.

• Если во сне вы убили медведя – значит, выйдете успешно из сложной ситуации.

• Женщине увидеть медведя во сне – к замужеству, обретению друга.

• Девушкам ласкать медведя во сне – к замужеству,

• Если вам снится медведь с медвежатами – ждите прибавление в хозяйстве, рост достатка. Но этот же сон может означать, что вы недостаточно ласково обращаетесь со своими детьми.

Медвежата провели середину зимы в полусне, крепко обнявшись. Ранней весной наступило время пробуждения и веселых игр – вдвоем и в компании с другом-лайкой. При этом годовалые медвежата очень аккуратно пользуются своими уже вполне опасными когтями и клыками

В 21-ом веке

В наше время россияне с детства встречаются с образом медведя – слушают сказки о нем, смотрят мультфильмы. Одна из любимых игрушек – мягкий мохнатый мишка, с которым ребенок играет и спит. Так формируется отношение к медведю, как к доброму и простодушному «плюшевому мишке». Но как обстоят дела на самом деле?

Сегодня медведи – излюбленный объект для содержания в зоопарках, у их клеток всегда много детей. При этом сотрудники зоопарков и цирков считают медведей наиболее опасными хищниками из-за их непредсказуемости и огромной силы.

Во-первых, в общении с человеком зверь может не рассчитать свои движения – дружеские оплеухи, которые наносят друг другу в ходе игр медведи, человеку могут стоить жизни. При этом даже самый мелкий мишка способен справиться с самым крупным человеком. Вторая особенность медведя – его долготерпение. Он долго выносит надоедливые приставания человека, но в какой-то момент может разозлиться и дать лапой. И делает это молниеносно...

Пока медведей у нас еще много, и на них разрешена охота. Но та же Сибирь все более покрывается сетью дорог; охотники оседлали снегоходы и обзавелись мощным оружием. В последние годы неурожаи медвежьих кормов в тайге привели к массовым миграциям и даже гибели многих особей. Для медведей здесь остается все меньше пригодных для обитания территорий.

Очень быстро сокращается и медвежье население Камчатки. Иностранные охотники в погоне за трофеями убивают наиболее крупных животных. От них не отстают и местные любители пострелять. Основное средство передвижения на Камчатке – вертолет, а местность по большей части открытая, поэтому такому крупному животному здесь просто негде укрыться. Да они и не прячутся – эти мирные гиганты еще не научились бояться людей.

Очередная неудачная попытка преодолеть межвидовой репродуктивный барьер

МЕДВЕЖЬИ СКАЗКИ

В русских сказках, баснях и пословицах отмечается в первую очередь сила и простодушие, даже некоторая бестолковость медведя. Так, в басне И. А. Крылова "Пустынник и медведь" медведь, желая оказать услугу спящему другу, ударяет булыжником по мухе, сидящей у того на голове. А в сказке "Маша и медведь" простодушного зверя легко обманывает маленькая девочка. Вообще в русских, норвежских и немецких сказках про животных медведя очень часто обманывают и люди, и птицы, и звери.

Зато в многочисленных сказках и мифах, созданных народами Северо-Восточной Азии и Северной Америки, на первый план выходят родственные отношения медведя и человека.

Обычный для сказок эвенов, нанайцев и чукчей сюжет: в результате стечения обстоятельств женщина оказывается в лесу, где ее в жены берет медведь и впоследствии она рожает медвежат или сильных мальчиков. Еще вариант: человек женится на медведице, принимающей облик девушки, которая затем рожает медвежонка и мальчика.

У северных народов нередки и сюжеты, где зверь приходит на помощь человеку. То медведь помогает попавшим в беду охотникам; то медведица подбирает оставшихся без родителей детей, вскармливает их и возвращает людям. Иногда, наоборот, человек приходит на помощь медведю: например, женщина выращивает сироту-медвежонка, который впоследствии заботится о ней.

И, конечно, всем знакомы герои современных западных сказок – Винни Пух, диснеевский Тедди и Балу. Добродушные и неуклюжие, они не всегда блещут умом, но всегда вызывают самую искреннюю симпатию.

Прекрасная альтернатива традиционной охоте – фотоохота, которая к тому же и сложнее, и интереснее. Чтобы сделать удачный снимок, нужно находиться от зверя на расстоянии 15–20 м. Это сопоставимо с дистанцией, которую медведь воспринимает как опасную для себя, и на которую реагирует в зависимости от обстоятельств и личного опыта.

При съемках медведей в природе гибнет в среднем один профессиональный фотограф в год. Но всегда ли в этом виновен зверь? Дело в том, что мало кому приходит в голову подкрадываться к спящему тигру или ходить кругами в двадцати метрах от семейства львов. А к медведям почему-то подходят, а потом удивляются «злобной» реакции испуганного зверя.

Туристы создают свалки пищевых отбросов, которые привлекают медведей к их стоянкам: происходят столкновения с предсказуемыми результатами. И хотя известно, что нельзя пытаться водить дружбу с медвежатами, которую не одобрит ни одна мать-медведица, люди упорно продолжают подходить к милым и «беззащитным» увальням, не думая об опасности.

Медвежата часто попадают к людям в результате охот на берлогах. Поэтому зоопарки нашей страны перенасыщены медведями, и зачастую охотникам приходится подолгу держать зверенышей у себя. Медвежата возрастом до одного года очень милые и очаровательные, они дружелюбны и робки. Они часами могут играть с людьми и домашними животными. Лишь достигнув двухлетнего возраста они становятся опасными.

Нам посчастливилось в течение двух лет наблюдать пару медвежат, проживающих в одном из охотничьих хозяйств практически на свободе. Медвежата и собаки играли в свои звериные игры, которые со стороны выглядели как драки. Однако они никогда не наносили друг другу вреда: медведь, если он не разозлен или испуган, может очень деликатно действовать лапами.

Поэтому не верьте тому, кто рассказывает страшные истории о злых медведях. Эти животные – украшение российских лесов, наши настоящие меньшие братья, которые требуют к себе уважения и, в конечном счете, нуждаются в нашей защите.

Медвежата часто попадают к людям в результате охоты на берлогах, где зимуют самки с новорожденным детенышами. Этот сирота вместе со своим братом вырос на туристической базе, практически — на свободе. В возрасте до года малыши очень дружелюбны и игривы. Но достигнув двухлетнего возраста, медведи становятся опасными. Какой будет дальнейшая судьба этого молодого мишки? Ведь зоопарки нашей страны переполнены медведями...

Фото В. Власова