

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

5

5⁽³⁵⁾
● 2010

НАУКА из ПЕРВЫХ РУК

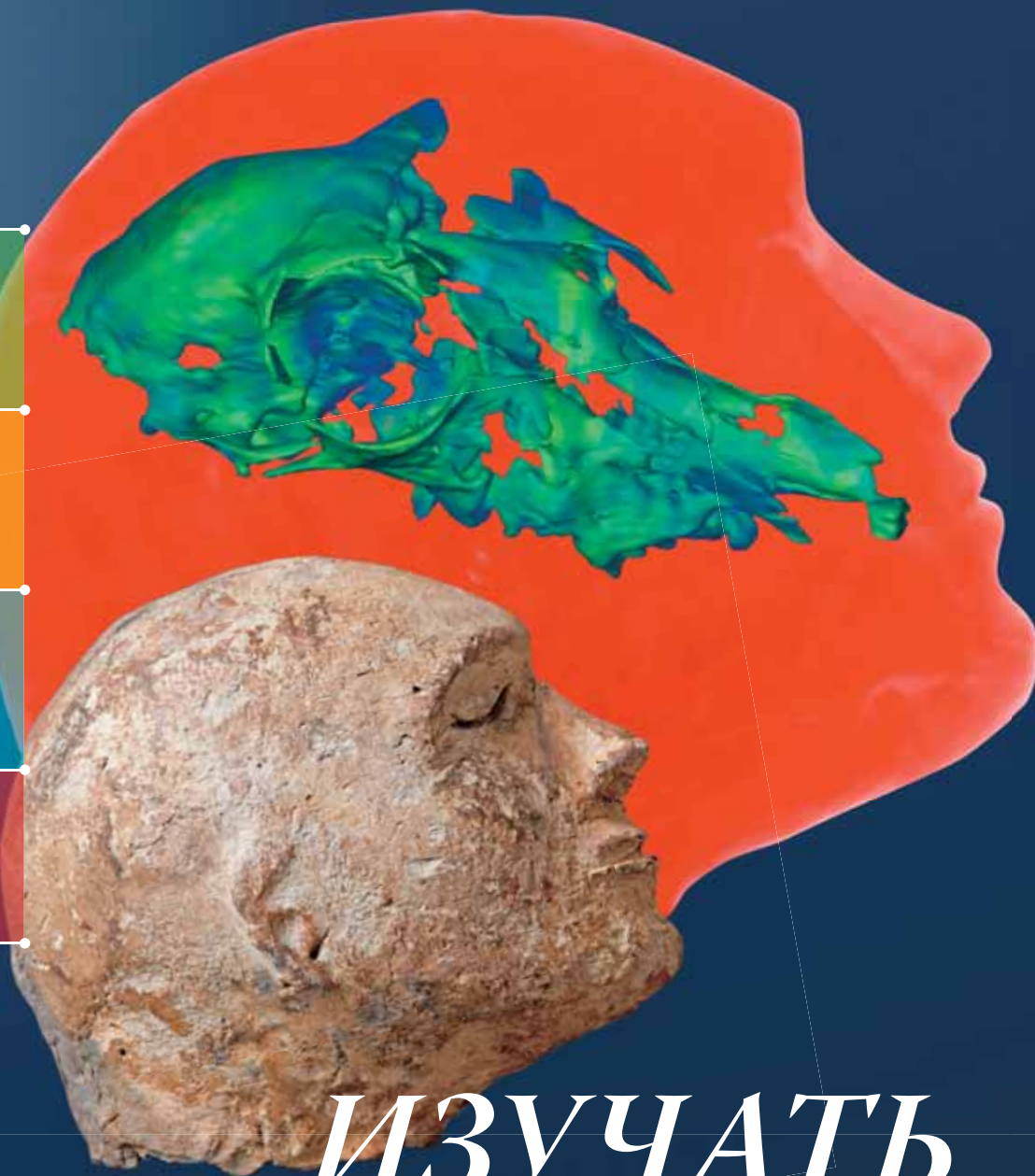
№ 5 (35) 2010

ПАТОМСКИЙ
КРАТЕР

ГОРЯЧАЯ
КРОВЬ
ЗЕМЛИ

КОЛЫМСКИЙ
ШАЙТАН

ОРУЖИЕ
ГУСЕНИЧНОГО
ПОРАЖЕНИЯ

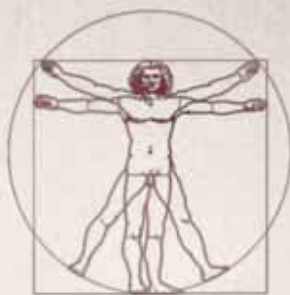


ISSN 18-10-3960



*ИЗУЧАТЬ
не разрушая*

Познавательный журнал
для хороших людей



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

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

«Естественное желание хороших
людей — добывать знание»

Леонардо да Винчи

Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредители:

Сибирское отделение Российской
академии наук (СО РАН)

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

Институт археологии и этнографии
СО РАН

Лимнологический институт СО РАН

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

Институт химической биологии
и фундаментальной медицины СО РАН

Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН
ООО «ИНФОЛИО»

Издатель: ООО «ИНФОЛИО»

Адрес редакции:

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

www.ScienceFirstHand.ru

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

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

ISSN 1810-3960

Тираж 2 000 экз.

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

Дата выхода в свет 22.12.2010

Свободная цена

Перепечатка материалов только
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2010
© «ИНФОЛИО», 2010

Над номером работали

Л. Беляева
А. Владимирова
к.б.н. Л. Овчинникова
Л. Панфилова
к.х.н. С. Прокопьев
М. Третьякова
А. Харкевич
С. Янушко

Дорогие друзья!

В будничной суете мы забываем, что наша такая «домашняя» Земля – планета, которая живет по своим законам. Отголоски ее глубокой «внутренней жизни» доходят до нас в виде природных катастроф – землетрясений, цунами, извержений вулканов и т.п. Эти явления, практически не поддающиеся контролю человека, могут оказывать огромное влияние на судьбы биосферы и самого человечества.

Вулканическая активность – один из важных факторов, определяющих состояние озонового слоя атмосферы, климат и другие планетарные характеристики. Яркое «доисторическое» свидетельство глобального воздействия вулканизма – мощные базальтовые поля (траппы) в Западной Сибири, образовавшиеся около 250 млн лет назад в результате крупнейших извержений в истории Земли. Тогда же разразился и один из самых больших биосферных кризисов, приведший к вымиранию около 80 % видов живых существ

Показательный исторический пример – извержения вулканов Гекла и Этны в XVII в. Тучи вулканического пепла, попавшие в стратосферу, вызвали похолодание, за которым последовали неурожай, голод и массовые болезни, выкосившие половину населения Европы. Всем нам памятно и недавнее извержение исландского вулкана, ставшее причиной коллапса авиатранспорта.

Вместе с тем вулканы являются теми «отдушниками», по которым из недр Земли поднимается на поверхность вещество, богатое редкими химическими элементами. И в этом смысле вулканизм тесно связан с процессами минерало- и рудообразования.

Работа геолога всегда была сродни работе криминалиста, поскольку его задача – по поверхностным признакам определить структуру недр и происходящие там процессы. Однако сегодня исследователи могут в прямом смысле слова «видеть» сквозь землю. Речь идет об электромагнитном сканировании и электро-томографии – геофизических методах, основанных на измерениях электропроводности грунта, а для больших глубин – о сейстотомографии.

Новосибирские ученые первыми в России применили эти «неинвазивные» методы для изучения термальных полей действующих вулканов на Южной Камчатке и Северных Курилах и подошли поближе к построению физико-химической модели миграции химических элементов от магматической камеры до земной поверхности, которая в будущем позволит прогнозировать наличие и локализацию месторождений разных металлов, связанных с вулканизмом.

Мало кто знает о другом природном феномене – грязевом вулканизме, процессе выделения газов из осадочных толщ, обогащенных органикой. Большинство грязевых вулканов сосредоточено на территориях, богатых



залежами углеводородных газов и нефти, а также в зонах «разгрузки» газовых гидратов (на Байкале) и вулканических горячих растворов (на Камчатке и Курилах). Истечение газов (преимущественно метана) обычно идет в спокойном режиме, но иногда оно заканчивается настоящими извержениями. Более того, эти извержения зачастую сопровождаются «огненными эпизодами» (возгоранием газовых струй), длительность которых может варьировать от минут до нескольких лет.

Сибирские исследователи совместно с израильскими коллегами обнаружили в формации Хатрурим, хорошо изученном геологами районе, неизвестную провинцию древних грязевых вулканов, названную Левантийской. Особенности геологических тел и минеральный состав «запеченных» пород позволили реконструировать несколько режимов горения метана в периоды ее былой активности. Ученые предполагают, что именно огненные извержения грязевых вулканов Левантийской провинции могли стать причиной гибели библейских городов Содомы и Гоморры.

Работы по изучению грязевого вулканизма породили еще одно смелое предположение: с поясами грязевого вулканизма Евразии ассоциированы пути расселения человека раннего палеолита. Ведь именно там он мог получить все необходимое для жизни – огонь, воду, соли и прекрасное каменное сырье (недаром в Израиле и Иордании на древних грязевулканических постройках регулярно обнаруживаются разнообразные каменные артефакты).

Хотя наше время и считается веком узких специалистов, эти исследования убедительно показывают, что научное познание мира – процесс единый и неделимый, и естественнонаучные знания могут самым неожиданным образом использоваться представителями гуманитарных профессий, а геологические данные – биологами для обоснования происхождения жизни.

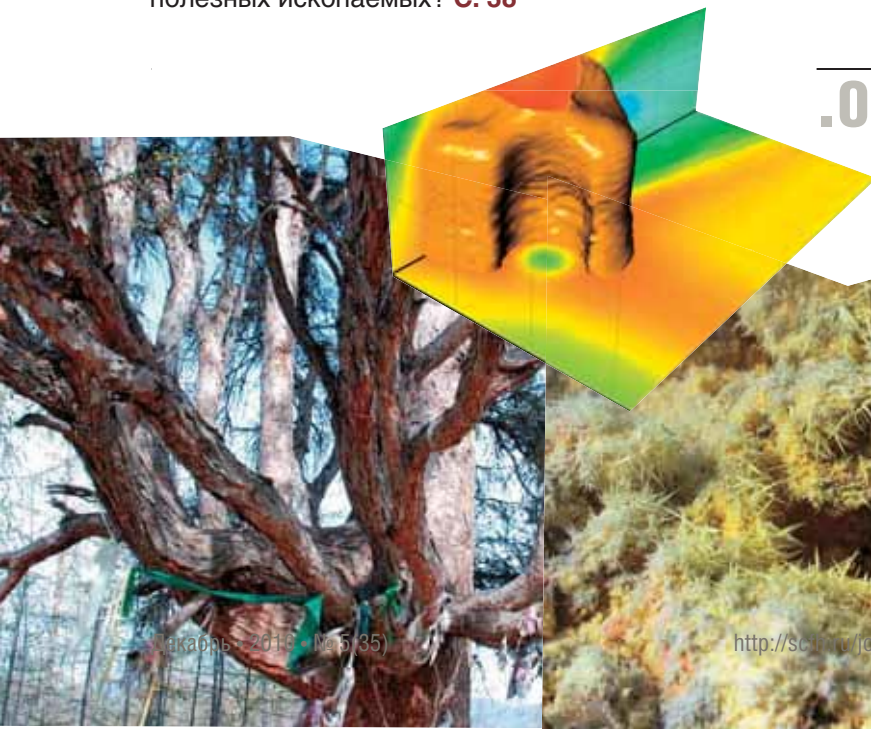
академик Н.Л. Добрецов,
главный редактор



Ценосферы из **ОТХОДОВ**, полученных при **СЖИГАНИИ УГЛЯ**, можно использовать как «фильтры», избирательно проницаемые для **ГЕЛИЯ**. **С. 32**



Исследования **ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ** активных вулканов помогут ответить на вопрос – как образуются месторождения полезных ископаемых? **С. 38**



.01

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- 6 **С.А. Язев**
Набег на Наску
Записки путешественника

.02

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭКСПЕДИЦИЙ

- 16 **В.С. Антипин, В.И. Воронин**
Патомский кратер –
земной или небесный?

.03

УСПЕХИ НАУКИ

- 26 **В.И. Пеньковский, Н.К. Корсакова**
Электромагнитный каротаж:
нет худа без добра
- 32 **А.С. Верещагин**
Стеклянные шарики
для солнечного газа

.04

ЧЕЛОВЕК И СРЕДА

- 38 **Е.П. Бессонова, Г.Л. Панин**
Горячая кровь Земли
Неинвазивная диагностика вулкана
- 52 **Э.В. Сокол, С.Н. Кох**
В отблесках «вечных огней»

.05

ЛИЦОМ К ПРИРОДЕ

- 72 **В.В. Мартеньянов, С.А. Бахвалов,
А.В. Ильных**
Оружие массового гусеничного
поражения





На могиле **«БЕЛОГО» ШАМАНА** стоит и восьмиконечный крест, и **ЧУРИМА** — традиционное ритуальное сооружение эвенов. **С. 96**

Я. Линденау (XVIII в.): «С костей [шамана] соскабливают мясо и кости собирают в скелет, одевают в платье как человека и почитают скелет как божество. Юкагиры помещают такие наряженные кости... в своих юртах, иногда 10–15 штук» **С. 106**

Мякоть грибной диковины — **ГИГАНТСКОГО ДОЖДЕВИКА** съедобна: одним плодовым телом можно накормить целый экспедиционный отряд! **С. 124**



.06

ОТКРЫТИЕ СИБИРИ

- 82 **Н. В. Полосьмак**
Внешность обманчива...
- 90 **Эхо шаманских бубнов**
- 92 **В. М. Кулемзин**
Кукушка-доносчица и мухомор-проводник
- 96 **Ю. А. Слепцов**
Чурима белого шамана
- 106 **В. Е. Васильев**
Колымские шайтаны: легенды и реальность

.07

МУЗЕИ И КОЛЛЕКЦИИ

- 112 **О. В. Семенова**
Политехнический музей

.08

НАУКА В КАРТИНКАХ

- 124 **И. А. Горбунова**
Грибные раритеты





Набег на НАСКУ



Çàïèñêè ïóòåøåñòååíííèè

О загадке перуанской пустыни Наска я узнал в 1972 г., когда мне было 14 лет: тогда на экраны вышел фильм швейцарского писателя и кинорежиссера Эриха фон Деникена, созданный на основе его книги «Воспоминания о будущем». Удивительные изображения на каменистой плоской поверхности пустыни потрясали. Особенно поражали воображение изображения живых существ, контуры которых были выполнены непрерывной замкнутой линией. Эти гигантские (до 270 м) фигуры можно было рассмотреть только с большой высоты.

Шанс своими глазами увидеть легендарные изображения представился только через 38 лет, когда наша экспедиция должна была возвращаться через Перу после наблюдения полного солнечного затмения на о. Пасха (см. НАУКА из первых рук, 2010, № 4(34)).

Такой шанс нельзя было упускать – идея задержаться здесь на три дня возникла еще за полгода до поездки. И теперь в столице Перу Лиме нас ждал русскоговорящий гид, готовый организовать вылазку в нашу «землю обетованную»

На плоской поверхности этой каменистой пустыни, на площади около 520 км² кто-то некогда «начертил» около 13 тысяч прямых линий, примерно сотню спиралей, создал около семисот странных светлых площадок прямоугольной и трапециевидной формы. Размеры большего из оснований трапеций достигают 1600 м! Линии пересекаются, тянутся на многие километры и взбираются на холмы, оставаясь абсолютно прямыми! Кроме линий, на поверхности пустыни запечатлены около 30 странных изображений – обезьяна, колибри, паук, кондор, дерево и т.д., рассмотреть которые можно только с высоты птичьего полета.

Именно последнее обстоятельство привело фон Деникена к идее, что рисунки на плато Наска – ориентиры для летательных аппаратов пришельцев с других планет, в древности посещавших Землю. Согласно современным датировкам, эти уникальные «геоглифы» были созданы в период 200–700 гг. н.э.

Изучению феномена Наски посвятила всю свою жизнь немецкий математик Мария Райхе, поселившаяся в пустыне и сама ставшая не меньшей достопримечательностью, чем геоглифы. Местные жители, индейцы, сочувствовали отважной исследовательнице и даже подкармливали ее. За период с 1946 г. вплоть до своей кончины в 1998 г. Мария Райхе выполнила гигантскую работу по картографированию и описанию изображений Наски. Во многом благодаря ее настоянию в 1994 г. Наска была включена в список памятников Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО.



ЯЗЕВ Сергей Артурович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института солнечно-земной физики СО РАН (Иркутск), директор астрономической обсерватории Иркутского госуниверситета. Член правления Международной организации «Астрономическое общество». Автор и соавтор более 150 научных работ и учебных пособий, а также 5 научно-популярных книг



Наша маленькая экспедиция – Михаил Гаврилов, Дмитрий Семенов и Сергей Язев – готовится увидеть Наску с высоты.
Фото С. Язева

Многие исследователи пытались разгадать загадку геоглифов. Большинство из них не относилось всерьез к идее фон Деникена, который, как истый уфолог, связывал с космическими пришельцами едва ли не все известные памятники прошлого.

Одна из таких идей – что древние индейцы занимались воздухоплаванием на воздушных шарах, надувавшихся горячим воздухом. Это странное предположение появилось лишь ввиду необходимости объяснить, как людям удавалось видеть такие огромные фигуры целиком.

Так кому были адресованы загадочные изображения? Гипотетическим древним воздухоплавателям? Пришельцам? Богам? Ответа на этот вопрос нет, как нет и точного ответа на вопрос: кто именно их создал?

Большинство фигур выполнено в очень необычной технике: в одну светлую линию, уверенно проведенную на темном фоне каменистой пустыни, причем они выглядят скорее как схемы или условные обозначения (пиктограммы), чем как просто рисунки. Как писал один из исследователей, все это похоже на чертеж, выполненный машиной

с помощью графопостроителя. Слишком много параллельных линий, механически скругленных изгибов – и никаких эмоций, какими обычно насыщены наскальные рисунки каменного века.

Известный российский планетолог Л. В. Ксанфомалити даже выдвинул и обосновал идею, что рисунки Наски могли быть созданы с помощью лучевого инструмента, которым некто орудовал с большой высоты, разрушая темные камни, рассыпавшиеся в светлый песок...

Сквозь тернии

Вылет самолета из Сантьяго задерживался. В результате в Лиму мы опоздали на три часа, и билеты на автобус в Наску пропали. Михаил сразу позвонил из аэропорта нашему гиду Татьяне: оказалось, что последний на сегодня автобус на Наску отправляется через час...

А мы все еще проходили паспортный контроль, и симпатичная сотрудница в пограничной форме внимательно рассматривала содержимое моего чемодана, где среди одежды лежала очень странная вещь – двенадцатикилограммовая головка от астрономического

штатива. Девушка не торопилась впускать меня в Перу, собираясь отправить мой чемодан на досмотр начальству. Мои пространственные объяснения мало помогали делу – пограничная девушка улыбалась, но оставалась непреклонной.

Дима Семенов, удачно проскочивший контроль без досмотра, мрачно наблюдал за происходящим издали, опираясь на ручку тележки. На тележке лежал рюкзак с такой же головкой, сумка с зарядными устройствами и металлическими кронштейнами, а также две упакованные в чехол треноги от штативов и рюкзаки с ноутбуками, дифракционной решеткой и переносным спектрографом. Не хотелось даже думать, что могло случиться, если бы девушка попросила Диму показать его багаж...

Время шло. Граница Перу была на замке, и пустыня Наска уже начинала распыливаться в тумане. Но тут что-то произошло, девушка вдруг захлопнула мой чемодан и сказала: «Идите! Всего хорошего!»

И мы пошли – точнее, почти побежали. Вскочили в такси и двинулись в сторону автовокзала. На дороге, как по заказу, сразу же стали формироваться пробки и светофоры заработали в режиме «красной волны». Перед светофорами сновали торговцы на велосипедах и без, наклонялись к открытым окнам стоящих в пробке машин и предлагали жевательную резинку и желтую инка-колу.

...Мы успели, как в голливудском боевике, – буквально в последнюю минуту. Татьяна размахивала руками, подзывая нас, мы подхватили нашу поклажу и ринулись к автобусу. Мечта оставить всю теперь уже ненужную аппаратуру в Лиме рухнула – времени на поиски камеры хранения не осталось.

Школьницы Наски – небольшого симпатичного городка на юге Перу. Фото С. Язева





Любоваться шедеврами изобразительного искусства древних можно поднявшись на вышку прямо у обочины знаменитого Панамериканского шоссе. Фото Д. Семенова

Офицер полиции с револьвером в кобуре проводил досмотр при посадке в автобус так, как будто это был самолет. «Буэнос диас, сеньорас пассажерос!» Выборочный осмотр личных вещей. Личный досмотр. Поиск металлических предметов в карманах металлоискателем. И вот мы, вместе со всем своим багажом, – в автобусе. ...Автобус был чудовищем – невероятных размеров двухэтажная машина с высокими авиационными креслами, двумя туалетами, кондиционерами, телевизорами и даже бортовым доступом к интернету.

Стюардесса (!) разносила на пластиковых подносиках ужин, по телевизорам показывали хороший фильм с Ричардом Гиром. Потом пассажирам были розданы билеты автобусной лотереи, где надлежало зачеркивать цифры. Сам розыгрыш тут же демонстрировался по тем же телевизорам, и счастливицы получили свой выигрыш.

До места назначения мы ехали около семи часов. Дима тут же заснул, а я все вглядывался в пейзажи за ветровым стеклом второго этажа... Пейзажи этого заслуживали – они были действительно впечатляющими.

Четыреста километров мы ехали по каменистой пустыне. Иногда справа возникал Тихий океан, почти незаметный за плотным смогом, а вдалеке слева мрачно темнела громада Анд. Где-то далеко в океанской мгле садилось солнце.

Вокруг был камень, камень и только камень. Иногда каменная равнина становилась совсем плоской, иногда вспучивалась холмами. Потом дорога серпантином взобралась на перевал, вокруг темнели складчатые коричневые горы, и в живописных скалах было вырублено неширокое пространство для хорошей дороги – Панамериканского шоссе.

Поражало практически полное отсутствие растительности: до горизонта – ни травинки, ни деревца. Лишь иногда на дороге появлялись чахлые, явно высаженные деревца и следы обработки каменистой земли, казавшейся безжизненной, – предвестники приближающегося жилья. Вот и селение – маленькие домики с плоскими крышами, напоминающие разбросанные спичечные коробки. И снова – бескрайняя каменная пустыня...



Взгляд с неба

В Наску – маленький симпатичный городок, напоминающий провинциальный российский райцентр, – мы приехали поздно ночью. Отправились в отель по ночной улочке со снятым асфальтом, засыпанной крупным булыжником в ожидании дорожных работ, нагруженные нашим совершенно неуместным здесь астрономическим багажом. В бархатно-черном небе нежно светил молодой перевернутый (Южное полушарие!) месяц, только народившийся после недавнего затмения...

У нас было всего полтора дня для осмотра Наски – не экспедиция, а скорее краткий набег. И это время нужно использовать максимально продуктивно.

...С небольшого аэродрома «Аэропаракас» каждые несколько минут взлетают маленькие самолетик. На их борту пассажиры – пять-шесть человек, которые могут в течение получаса через иллюминатор любоваться удивительными геоглифами Наски.

Мы тоже поднялись на борт, вооруженные видеокамерой и фотоаппаратами. Самолетик поднялся в воздух, и нашим взорам предстало поразительное зрелище.

...Пустыня Наска абсолютно суха – здесь выпадает не более нескольких миллиметров осадков в год. Но с воздуха были хорошо видны светлые русла от потоков воды, – видимо, крайне редко, но дожди все-таки смачивают эти камни, и тогда мощные ливневые потоки

Нам удалось вплотную подойти к одной из фигур – «стреле», имевшей форму треугольника, одна из вершин которого вытягивалась вдаль на километры. Со всей площади фигуры камни были убраны и уложены вплотную друг к другу по контуру изображения. *Фото Д. Семенова*

сбегают с холмов и веерами разбегаются по пустыне. На сухих руслах виднелись редкие чахлые кустики.

Но наше внимание приковали совсем иные следы – вызывающе искусственные. Линии, стрелы, трапеции... Было ясно, что изображения появились на поверхности в разное время: их контуры по-разному выделялись на фоне темной пустыни, линии пересекались, перечеркивая друг друга.

Второй пилот нашей «небесной ласточки» взял микрофон и «на испанском английском» приступил к исполнению обязанностей гида: «Посмотрите направо. Перед вами фигура «астронавт». Посмотрите налево – под нами фигура «кит»»...

Конечно, мы видели эти фигуры и раньше – на экране, на фотографиях и схемах. В Перу их изображения встречаются повсюду, начиная с орнаментов на дверях отелей и автобусных остановках и заканчивая постерами, футболками и брелоками. Фигуры Наски – символ страны, своего рода национальный «бренд».



Фигура паука – одно из тридцати гигантских изображений живых существ в пустыне Наска.
Фото Д. Семенова

Но воочию они оказались гораздо более удивительными. И больше всего поражало непривычное соотношение размеров: нереально огромные контуры изображений расстилались между холмами, такими крошечными при взгляде с высоты. Казалось, какие-то неизвестные великаны бесстрастно, как бы между делом, нанесли их на гладь пустыни, как на гигантскую страницу...

Под воздушной подушкой

Как были созданы удивительные рисунки Наски? В интернете можно найти массу разнообразных версий, но, как мы вскоре убедились, большинство из них выдвинуты людьми, которые никогда там не бывали.

...На автомашине местного турагентства мы подъехали к одной из фигур – «стреле», имевшей форму треугольника, одна из вершин которого вытягивалась



Кажется, что фигуру собаки древние создали с помощью гигантского графопостроителя – удивительная параллельность линий! При этом она совсем не похожа на современного четвероногого жителя окраины Наски. *Фото Д. Семенова*

на километры вдаль в виде длинной, постепенно сужающейся полосы. Основание треугольника – как минимум пара сотен метров.

Фигуры трогать нельзя, по ним нельзя ходить, к ним нельзя приближаться – за этим пристально следят охранники. Но уследить за всеми невозможно, и нам удалось подойти вплотную к изображению.

Вообще пустыня Наска – это ровное поле, сплошь покрытое камнями размером с картофелину. Под камнями – слой плотного песка. Если камни отгрести в сторону, на их месте останется заметное светлое пятно.

Именно так и была устроена «стрела»: со всей площади фигуры камни были убраны, и светлая зона на темном фоне отчетливо выделялась. Полоса из камней, уложенных вплотную друг к другу по контуру изображения, как кайма, усиливала контраст.

Как мы убедились позже на другом участке – там, где Панамериканское шоссе вплотную подходит к геоглифам, а один из них даже перерезает пополам, – везде в Наске была применена одна и та же технология.

Мы попытались провести эксперимент и разгрести камни, сойдя с дорожки. Но нам это не удалось: резво подбежавший охранник стал носком ботинка сгребать камни обратно, спасая мировое культурное наследие... Но мы все-таки провели эксперимент – за холмом, подальше от зорких глаз охраны. Михаил, легко разметая камешки пальцами, попытался изобразить на земле первую букву своего имени. На изготовление буквы «М» размерами 50 на 80 см у него ушло минуты полторы...

Технология изготовления фигур оказалась предельно простой. Но возник другой вопрос: как могли эти фигуры сохраниться на протяжении столетий? Неужели



Научный эксперимент: Михаил Гаврилов пытается изобразить первую букву своего имени на пустынном холсте, используя технологию древних.
Фото Д. Семенова

Строители акведуков

ветер и бури так и не смогли занести светлые песчаные дорожки?

Вот что думают по этому поводу местные специалисты. В пустыне, где очень жарко, над самой поверхностью раскаленной каменной равнины формируется подушка из горячего воздуха. В этом тонком, в несколько сантиметров толщиной, слое воздуха никогда не бывает ветра – он может быть только выше. Именно прослойка горячего воздуха и предохраняет поверхность пустыни от горизонтального переноса. В результате пятно без камней останется в неизменном виде надолго, подобно следу астронавта на поверхности Луны.

Однако со временем контраст между светлым песком и темными камнями должен уменьшаться. Такое впечатление, что и сейчас линии и площадки уже не так хорошо заметны, – вероятно, они действительно древние. А вот контуры фигур животных более контрастны. Не исключено, что начертили их недавно – может быть, уже в XX в. Так ли это – судить специалистам.

Остается еще один вопрос, столь часто задаваемый: зачем и кому были нужны гигантские изображения, которые можно увидеть и оценить только с большой высоты?

Во-первых, пустыня обрамлена горами, да и в середине ее возвышаются холмы, с которых близлежащие фигуры прекрасно видны. Во-вторых, даже сравнительно невысокая (десятиметровая) вышка, выстроенная рядом с Панамериканским шоссе, дает прекрасный обзор. Например, можно разглядеть фигуру «дерево» или загадочные «руки» – непонятный, ни на что не похожий контур с двумя руками, на одной из которых пять пальцев, а на другой – только четыре...

Другое предположение более оригинально. Не могли ли древние сооружать здесь специальные деревянные башни для важных персон – вождей, жрецов? С такой башни можно было легко рассмотреть тотем своего племени – изображение паука или колибри... На одном из сайтов, посвященных пустыне Наска, сказано, что вбли-

зи геоглифов были обнаружены остатки деревянных свай, забитых в землю. Не могут ли они оказаться основаниями давно разрушенных сооружений – ритуальных башен?





Может быть, в этой девушке из современной Наски течет кровь древних воинов и строителей?
Фото Д. Семенова



А что думают о загадке Наски сами перуанцы? Гипотеза о пришельцах из космоса здесь не популярна. В Перу убеждены, что геоглифы созданы древней местной культурой, берущей начало два тысячелетия назад, которая так и называется – наска.

Воины наска носили на поясе головы врагов как показатель доблести. Но, помимо жестоких нравов, люди наска отличались также удивительными умениями. Нам показали еще не завершенные раскопки грандиозных сооружений, засыпанных песком. Храмы, здания из необожженного кирпича, подземные хранилища зерна... Здесь создавалась великолепная керамика, ткани, на которых до сих пор сохранились яркие узоры и орнаменты.

Две тысячи лет назад наска построили в пустыне удивительные акведуки – спиральные колодцы, обложенные крупными булыжниками, позволявшие доставать воду из подземной реки. Эти акведуки работают по сейчас – землетрясения не разрушили их. Именно благодаря этой воде здесь, среди абсолютно безводной каменной пустыни, сегодня зеленеют плантации кактусов, растут картофель и бахчевые культуры.

Вода всегда была главной проблемой в жизни народа наска. И может быть, грандиозные изображения в пустыне были связаны с ритуальными действиями, направленными именно на ее решение. А потом с гор

пришли другие люди – носители воинственной культуры «нади», уничтожившие наска. На смену нади, в свою очередь, пришли инки. Потом – европейцы, силой оружия утвердившие на континенте католическую веру.

И от наска остались только странные фигуры в пустыне, продолжающие посылать свои безмолвные позывные давно умолкнувшим небесам, да несущие жизнь акведуки...

Конечно, за время своего краткого набега в Наску мы – не этнографы, не историки и не археологи – не открыли, да и не могли открыть ничего нового. Но мы убедились, как много неверного, невероятного и просто ложного о феномене геоглифов Наски встречается на страницах книг, журналов и интернет-сайтов.

Любой, кто здесь побывал, не мог не понять простую технологию изготовления изображений, но почему-то до своего путешествия мы нигде не нашли о ней даже упоминания. Еще одна очевидная вещь – увидеть целиком геоглифы можно без помощи летающих тарелок и воздушных шаров. Они вполне видны с холмов или с башен, соорудить которые из твердой древесины местного дерева гуаранго не составляет большого труда.

Мы убедились, что умение создавать гигантские картины на каменистом плато выглядит далеко не



Название этой фигуры – «астронавт» – дань гипотезе о космическом происхождении геоглифов Наски, которую в Перу мало кто воспринимает всерьез.

Фото Д. Семенова

самым сложным из того, что умели делать древние люди наска. А недооценивать предков и приписывать все достижения инопланетянам – наверное, не самый правильный путь... Если же вспомнить, насколько удивительными и разнообразными были и остаются религиозные ритуалы разных народов, то, наверное, не стоит недоумевать и по поводу назначения пустынных изображений.

Но несмотря на то, что многие мифы вокруг феномена Наски уже развенчаны, эти древние изображения остаются объектами из разряда самого удивительного, с чем может столкнуться путешественник.

Пожалуй, самое удивительное творение древних наска – эти акведуки, спиральные колодцы, которые и сегодня – спустя две тысячи лет – снабжают водой жителей пустыни.

Фото Д. Семенова





Патомский кратер – земной или небесный?

Этот курганчик в 180 км от г. Ленска, почти на границе Якутии и Иркутской области, обнаружил в 1949 г. геолог В. В. Колпаков. О происхождении кратера высказывались самые разнообразные гипотезы: метеоритный удар, остывший вулкан и даже... молодая кимберлитовая трубка.

Экспедиции прежних лет приносили больше новых вопросов, чем давали на них ответы. Наконец, совместные усилия двух институтов СО РАН и двух иркутских университетов позволили сделать определенные выводы.

С помощью геологического картирования и дендрохронологического анализа специалисты восстановили последовательность формирования элементов кратера. А геохимические исследования материала кратера и его обрамления выявили зональное распределение в нем химических элементов. На основе полученных фактов одна из гипотез подтвердилась

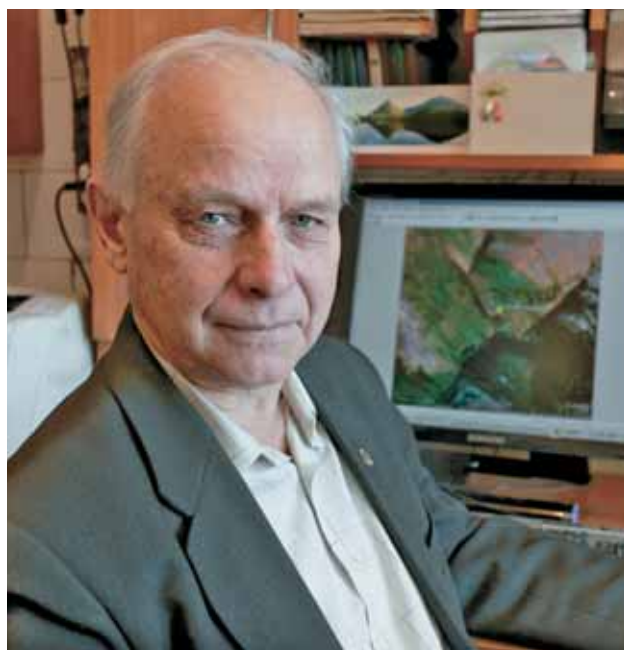
Ключевые слова: Патомский кратер, известняк, песчаник, зональность, минералы, флюиды, датировка.

Key words: Patom crater, limestone, sandstone, zoning, minerals, fluids, age



Так выглядит кратер с соседней горы на расстоянии 2,5 км, разница высот около 500 м (слева)
Центральная горка кратера сложена массивными темно-серыми глыбами известняков
Середина кратера поднимается над уровнем рельефа на 24 м (Патомское нагорье, 2006 г.)





АНТИПИН Виктор Сергеевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом геохимии эндогенных процессов Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск). Автор и соавтор более 280 работ, включая 9 монографий. Участник 3 экспедиций на Патомский кратер



ВОРОНИН Виктор Иванович – доктор биологических наук, заместитель директора Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (Иркутск). Автор и соавтор более 120 научных публикаций

Редкие сооружения необычной конфигурации всегда привлекают внимание людей. Таким загадочным объектом является и 160-метровой ширины кратер, обнаруженный в середине прошлого столетия на Патомском нагорье в верховьях р. Лена. Какие мощные силы создали его? Стоит ли ожидать возвращения неких опасных природных явлений в этом регионе? А может быть, наоборот – рядом следует искать полезные ископаемые?

Хорошо организованные последние экспедиции обнаружили факты, подтверждающие вулканогенную природу кратера, и определили время его последовательного формирования.

Немного истории

Прошло уже более 60 лет со времени обнаружения на севере Иркутской области (Бодайбинский р-н) необычного для тех мест кратера. Открывший этот удивительный феномен природы иркутский геолог Вадим Колпаков высказал гипотезу о происхождении Патомского кратера в результате метеоритного удара (Колпаков, 1951).

Сибирская комиссия по метеоритам СО АН СССР в 1963 г. на общественных началах направила экспедицию на Патомский кратер. После исследований ученые не пришли к единому мнению по поводу процессов, приведших к его образованию. В.В. Колпаков в совместной с астрономом обсерватории Иркутского университета С.А. Язевым статье отметил, что подобный кратер мог сформировать только удар сверхплотного метеорита, из тех что ранее никогда не наблюдались (Колпаков, Язев, 2007).

Однако уже в 1951 г. известный геолог С.В. Обручев высказал сомнение о метеоритном происхождении Патомского кратера. По его гипотезе кратер мог образоваться в результате прорыва со значительных глубин газопаровой струи в участке, ослабленном тектоническими разломами.

Несмотря на проявленный в последние годы интерес исследователей к данному природному объекту, детальная информация о слагающих кратер породах была получена лишь в результате деятельности комплексных экспедиций 2006 и 2008 гг. Патомский кратер тогда совместно изучали геологи и геохимики из Института геохимии СО РАН, геофизики Иркутского



Вертолет улетел. Снимок на память — и в путь, к загадочному кратеру. Фото Е. Козырева

государственного технического университета, биологи Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН, а также астрономы из обсерватории Иркутского государственного университета (Антипин и др., 2006, 2008).

Во время этих работ впервые была составлена геологическая карта и получены результаты геологических, петрографических и геохимических исследований пород кратера и его обрамления, которые позволили, наконец, сделать определенные выводы об условиях формирования этого загадочного конуса.

Вековые кольца кратера

Патомский кратер имеет неоднородное геологическое строение. На фотоснимках отчетливо проявляется его структура, состоящая из четырех основных элементов: внешнего склона конуса, кольцевого вала, кольцевого рва, центральной горки.

Все элементы кратера сложены преимущественно осадочными породами. Преобладающие в районе кратера карбонатные породы соответствуют среднему химическому составу типичных известняков с содержанием кальция выше 50 % (в пересчете на СаО). Карбонатные породы из всех зон кратера по составу существенно не различаются.

Важнейшая морфологическая особенность — кольцевой вал кратера (наиболее возвышенная его часть) разделен неглубоким понижением в рельефе на две части, которые формировались в разное время.

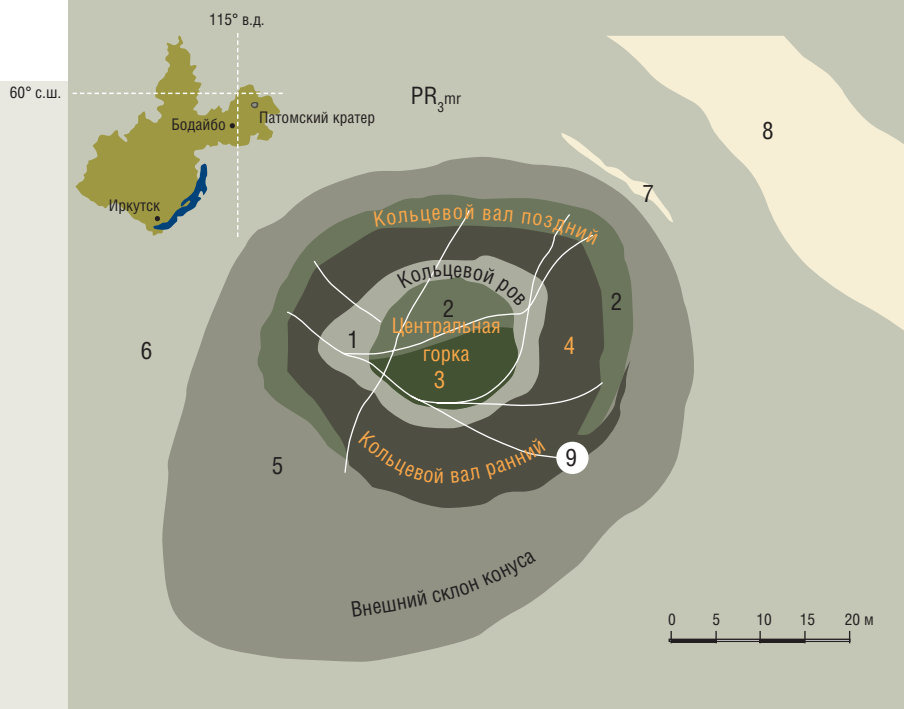
Внутренний кольцевой вал образовался раньше внешнего. Среди известняков на нем встречаются единичные глыбы терригенных пород, а именно метаморфизованных сланцев и песчаников. Их так называемая *дресва*, состоящая из грубых обломков миллиметрового и более крупного размера, часто покрыта мхом. Изредка на ней растут лиственницы.

Внешний (поздний) кольцевой вал, в отличие от внутреннего, не содержит глыб терригенных пород. Он сложен темно-серыми массивными кристаллическими известняками, слабо подвергшимися процессам выветривания. На них также встречаются единичные молодые деревья.

Вершина центральной горки сложена массивными кристаллическими известняками, затронутыми выветриванием в минимальной степени — эта часть кратера, по-видимому, сформировалась последней.

Факт зонального распределения горных пород противоречит импактной гипотезе образования Патомского кратера. Действительно, при ударе метеорита о поверхность Земли все элементы кратера формируются практически одновременно. Этому случаю соответствует специальная «импактная» структура, характеризующаяся более плоскими впадинами и невысоким кольцевым валом.

Патомский кратер, напротив, имеет вид насыпного усеченного конуса с крутыми склонами и углублением на вершине. Такая морфология типична для современных вулканических построек. Отношение диаметра



Схематическая геологическая карта Патомского кратера (59°17' северной широты, 116°35' восточной долготы). Составители — В. С. Антипин, А. М. Федоров).

- 1 — массивные кристаллические известняки с кварц-мусковит-карбонатными жилами (кольцевой ров);
- 2 — массивные мелкозернистые кристаллические известняки с жилами кварца (поздний кольцевой вал и центральная горка);
- 3 — существенно выветрелые известняки с редкими

- глыбами метаморфизованных песчаников и сланцев (центральная горка);
- 4 — существенно выветрелые известняки с дресвой этих пород и глыбами метаморфизованных песчаников и сланцев (ранний кольцевой вал);
- 5 — осыпь глыб различных горных пород внешнего склона конуса;
- 6 — вмещающие кратер известняки мариинской свиты протерозоя (PR₃mr);
- 7 — прослой метаморфизованных песчаников среди

Песчаники и сланцы — осадочные горные породы, сцементированные, состоящие преимущественно из силикатных минералов. Сланец имеет слоистую структуру, а песчаник — зернистую (сцементированный песок)

Известняки — осадочные горные породы, отложившиеся в водной среде. В основном они состоят из карбонатов кальция и других металлов

Карбонатиты — эндогенные горные породы преимущественно карбонатного состава (кальцит, сидерит, доломит), генетически связанные с комплексами ультраосновных (щелочных) пород

- известняков;
 - 8 — метаморфизованные песчаники;
 - 9 — кольцевые и радиальные зоны разломов в пределах кратера.
- Протерозой (PR) — это интервал геологического времени между 2,5 млрд и 542 млн лет назад. Более поздние комплексы пород в районе кратера не обнаружены. Они, очевидно, были ранее, но в настоящее время эродированы (разрушены) и переотложены в других местах. Поэтому на современном эрозионном срезе обнажены древние породы протерозоя

Патомского конуса к его высоте (в пределах 3—8) также весьма характерно для образований эндогенного происхождения (т.е. инициируемых глубинными процессами Земли).

Сравнение результатов современных измерений с данными полувековой давности (на момент первого обнаружения кратера) показывает, что кратер подвергается разрушению. Так, заметно увеличилась протяженность осыпи по склону, что свидетельствует о значительном влиянии процессов выветривания.

Красноречивые спилы

Для выяснения условий формирования Патомского кратера принципиальное значение имеет возраст элементов его кольцевой структуры. Поскольку на кратере растут деревья (немногочисленные лиственницы), подходящим для возрастного исследования методом является дендрохронологический анализ, основанный на измерении количества и толщины годовых колец деревьев.

На основе изучения образцов деревьев, спиленных в 2006 г., был сделан вывод о том, что внешняя каменная

осыпь кратера образовалась не позднее 1770 г., так как в это время на ней появилось самое старое дерево. Возраст же осыпи раннего вала был определен в 250–300 лет (Воронин, 2006; Антипин и др., 2008).

Во время полевых исследований 2008 г. для уточнения датировки был предпринят массовый отбор спилов наиболее высоковозрастных лиственниц в нескольких метрах от внешней осыпи кратера с северной ее стороны, которая сложена массивными кристаллическими известняками позднего кольцевого вала.

После тщательных поисков среди деревьев на внешнем склоне так и не найдено ни одного дерева старше 480 лет. Этот факт обращает на себя внимание, потому что в окрестности средний возраст лиственницы составляет около 600 лет, а иногда встречаются 1100-летние деревья. Кроме того, непосредственно у северной кромки кратера стволы многих деревьев были наклонены, а одно из них лежало на внешнем склоне, оставаясь живым, поскольку часть корней осталась в почве.

Поэтому вполне обоснованно можно предположить, что примерно 500 лет назад здесь произошло активное движение грунта (локальное землетрясение). Его результатом стал массовый вывал деревьев, после которого на склонах выросло новое поколение лиственниц.

Следует отметить, что большинство деревьев вблизи северного окончания осыпи имеют различные аномалии ширины годичного кольца, наклоны ствола или следы механических повреждений (например, шрамы на стволах от ударов камнями) в период 1841–1842 гг. Очевидно, в эти годы стволы исследованных деревьев зафиксировали событие катастрофического характера в районе Патомского кратера. Оно вызвало нарушение и корневых систем деревьев, в результате чего одни из них наклонились, другие получили механические повреждения, а у некоторых деревьев радиальный прирост резко снизился.

Возможность, что обнаруженные деревья повреждены в результате лесного пожара, полностью исключается ввиду отсутствия пожарных подсушин. Так как пораненные и сломанные деревья расположены у самой кромки осыпи, наиболее вероятная причина их повреждений – удары глыб, катившихся по осыпи, на последнем этапе формирования внешнего вала.

Итак, дату рождения кратера, по-видимому, следует

Победа! Водрузив во внутреннем кольце кратера флаг одного из спонсоров – газеты «Комсомольская Правда», экспедиция уточняет план исследований.
Фото Е. Козырева





С помощью геологических молотков участники экспедиции отбирают пробы горных пород



После сильного механического повреждения части корневой системы радиальный прирост дерева стал очень неравномерным, а с левой стороны прекратился вовсе

отнести к концу XV – началу XVI вв., а формирование позднего кольцевого вала – к 1841–1842 гг., т. е. спустя более чем 300 лет после начала становления кратера.

И запах серы...

О происхождении геологического объекта может свидетельствовать и геохимический анализ составляющих его пород и минералов. Популярно говоря, по химическому составу «подземные» и «небесные» материалы резко различаются. Чтобы решить вопрос генезиса, на Патомском кратере и в его окрестности были собраны образцы всех главных типов горных пород. Их элементный состав анализировался в Институте геохимии СО РАН методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) и рентгенофлуоресцентного анализа (RFA).

Критерием «небесного» происхождения материала принято считать специфический (более равномерный по сравнению с земными породами) характер распределения металлов с атомными номерами в диапазоне 21–30 (например, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu). При этом никель является главным индикаторным элементом, так как обычно содержится в метеоритах в наибольшем количестве, даже образуя уникальные минералы никеля и железа (например, камасит-тэнит).

Результаты химического анализа показали, что терригенные породы раннего кольцевого вала значительно обеднены этими металлами по сравнению с породами за пределами кратера. Например, никеля в песчаниках меньше вдвое, а в сланцах – почти втрое по сравнению со средним его содержанием в этих же породах во вмещающей кратер толще земли. Такой характер распределения концентрации противоречит гипотезе об участии метеоритного вещества в процессах формирования Патомского кратера.

С другой стороны, отдельные зоны кратера, выделенные на основе геолого-петрографических данных, характеризуются и геохимическими различиями. Такая зональность свойственна породам, связанным с влиянием эндогенных процессов.

Наибольший интерес представляет вещественный состав отдельных глыб терригенных пород внутри насыпного конуса кратера, вынесенных при его формировании из глубинных *горизонтов* (горизонтальных слоев земной коры). Оказалось, что в песчаниках и сланцах содержание щелочно-земельных металлов (Ca, Sr, Ba) существенно выше – иногда более чем в полтора раза – по сравнению с теми же породами во вмещающей толще. Эти металлы привносятся растворами глубинного формирования и при химическом взаимодействии с углекислотой CO₂ осаждаются в разных породах в виде карбонатных минералов.



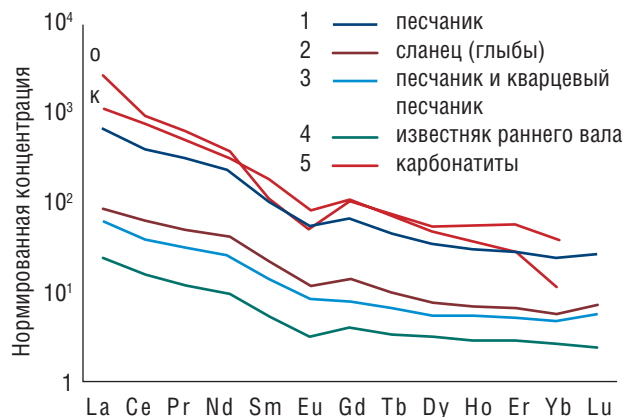
В карбонатизированных песчаниках и сланцах можно увидеть под микроскопом кристаллы кальцита CaCO_3

Геохимические признаки наличия метеоритного вещества – это высокая концентрации никеля и других химических элементов с близким порядковым номером (скандий, хром, ванадий, железо, кобальт, медь и др.)

Особенно важно, что в некоторых глыбах песчаников внутри кратера обнаружена повышенная суммарная концентрация редкоземельных элементов (РЗЭ). В отдельных пробах она достигает 557 г/т, что в шесть раз выше, чем в песчаниках вмещающей толщи. Оказалось, что в этих песчаниках содержатся минералы сфен, циркон, апатит и флюорит, которые обладают свойством концентрировать РЗЭ в своем составе. Применение метода нормировки по хондритам показало, что по характеру распределения РЗЭ и уровню их концентрации некоторые карбонатизированные песчаники Патомского кратера довольно близки к породам современных карбонатитовых вулканов Восточно-Африканской рифтовой зоны.

Помимо карбонатов, содержащих углерод в окисленном состоянии (CO_2), в породах кратера были также обнаружены восстановленные формы углерода и водорода (в виде CO и H_2), что свидетельствует о глубинном источнике включений карбонатных мине-

В геохимии для описания сравнительного содержания РЗЭ применяют метод нормировки «по хондритам». Для этого концентрацию каждого элемента делят на его среднестатистическое содержание в хондритах (веществе каменных метеоритов). Получившийся спектр относительных концентраций РЗЭ и его индикатор (соотношение атомов La/Yb) характеризуют источник «редких земель»



По соотношениям между редкоземельными металлами породы Патомского кратера (1—4) близки к карбонатитам (5) современных вулканов Восточно-Африканской рифтовой зоны Керимаси (К) и Олдоиньо-Ленгаи (О)

ралов (Летников и др., 1980). Наибольшее содержание CO (около 9 мл/г) зафиксировано в известняках центральной горки и кольцевого рва – участках кратера, где по глубинному вертикальному каналу мог поступать наверх глыбовый материал насыпного конуса.

Сера по праву считается одним из главных элементов «подземелья». Хотя общее содержание серы в большинстве пород кратера невелико (менее 0,1%), среди карбонатных пород кратера наиболее богаты серой известняки позднего кольцевого вала и центральной горки – ее концентрация достигает здесь 0,3%. Такое повышение означает, что процесс накопления серы происходил уже на заключительных этапах становления Патомского кратера.

Наличие серы в восстановленном состоянии подтверждается и органолептически: на кольцевом валу кратера весьма ощутим специфический запах «тухлых яиц», свидетельствующий о присутствии сероводорода.

Итак, эндогенное происхождение Патомского кратера можно считать доказанным. О его вулканогенной природе свидетельствует весь комплекс полученных геологических, петрографических и геохимических данных.

В связи с обнаружением горных пород, обогащенных стронцием и редкоземельными элементами, последующие детальные геолого-геохимические исследования кратера представляют не только научный, но и практический интерес.

Для получения информации о глубинных источниках процессов, создавших этот удивительный феномен природы, надо провести буровые работы на Патомском кратере. Хотелось бы надеяться, что это дело ближайшего будущего.

Газообразные вещества (CO , H_2 , H_2S) происходят из глубинных источников мантии (около 30 км), среда которой характеризуется восстановительными электрохимическими условиями.

В приповерхностных слоях земной коры проникающий из воздуха кислород O_2 окисляет эти вещества до CO_2 , H_2O , S и SO_2 .

Образующийся углекислый газ CO_2 участвует в образовании карбонатных минералов

Авторы благодарят организаторов и участников экспедиций на Патомский кратер за помощь и финансовую поддержку, а также сотрудников аналитических центров Института геохимии СО РАН и Института земной коры СО РАН А. К. Климову, Л. А. Чувашову и Е. В. Смирнову

Таежная экзотика – традиционный амбар на «курьих ножках». Фото Е. Козырева

В публикации использованы фото участников экспедиций Е. Козырева, Д. Семенова, М. Антипина и В. Короткоручко (Иркутск)





Горные породы на земной поверхности разрушаются под влиянием резких перепадов температур, воздействия ветра и воды и других факторов. Этот процесс называют выветриванием. В результате выветривания известняки внутреннего кольцевого вала из прочных кристаллических пород превратились в пластинчатые, легко рассыпающиеся. Иногда они образуют удивительные формы, наподобие этого каменного «тритона»

Литература

Антипин В. С. и др. Экспедиционное обследование Патомского кратера // *Избранные проблемы астрономии. Материалы науч.-практ. конф. «Небо и Земля», посвященной 75-летию астрономической обсерватории ИГУ. Иркутск. 2006. С. 163–168.*

Антипин В. С. и др. Патомский кратер в Восточной Сибири // *Природа. 2008. № 9. С. 69–75.*

Антипин В. С., Федоров А. М. Происхождение Патомского кратера (Восточная Сибирь) по геолого-геохимическим данным // *Докл. РАН. 2008. Т. 423. № 3. С. 361–366.*

Воронин В. И. Предварительные результаты дендрохронологического анализа спилов лиственницы даурской, отобранных в районе Патомского кратера // *Избранные проблемы астрономии. Материалы науч.-практ. конф. «Небо*

и Земля», посв. 75-летию астрономической обсерватории ИГУ. Иркутск, 2006. С. 169–176.

Колпаков В. В. Загадочный кратер в Патомском нагорье // *Природа, 1951. № 1–2. С. 58–61.*

Колпаков В. В., Язев С. А. Патомский конус // *Земля и Вселенная, 2007. № 1. С. 57–65.*

Летников Ф. А. и др. Флюидный режим формирования мантийных пород. Новосибирск: Наука, 1980. 143 с.

Портнов А. М. Кратер на Патомском нагорье // *Природа, 1962. № 1. С. 102–103.*

Портнов А. М. Патомский кратер – след Тунгусского явления? // *Земля и Вселенная, 1993. № 1. С. 77–81.*

Самойлов В. С. Геохимия карбонатитов. М: Наука, 1984. 191 с.



В. И. ПЕНЬКОВСКИЙ, Н. К. КОРСАКОВА



Электромагнитный каротаж*: нет худа без добра

Бурение скважин – основная операция при разведке и эксплуатации месторождений нефти и природного газа. Особое устройство, ротор, вращает небольшую турбину, на валу которой укреплен буровой инструмент. Скважина может прорезать толщу земли на несколько километров



Добыча нефти – тяжелая работа. Находясь на поверхности, люди управляют трубами и насосами, погружаемыми на глубину в несколько километров. В поиске оптимальных мест для бурения эксплуатационных скважин нефтяникам помогают геофизические методы исследования грунта. Специалисты Сибирского отделения РАН разработали метод интерпретации данных электромагнитного зондирования. Он позволяет не только достоверно определять насыщенность глубинного месторождения нефтью и газом, но и оценивать их количество, доступное для извлечения на поверхность



ПЕНЬКОВСКИЙ Валентин Иванович – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фильтрации Института гидродинамики им. акад. М. А. Лаврентьева СО РАН (Новосибирск)



КОРСАКОВА Надежда Константиновна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории фильтрации Института гидродинамики им. акад. М. А. Лаврентьева СО РАН (Новосибирск)

* Термин «каротаж» происходит от французского слова *carotte* (морковка), но означает он здесь «бурение скважин для исследования земных недр»

Ключевые слова: прискважинная зона, фильтрат бурового раствора, фронт вытеснения, насыщенность, обратная задача.

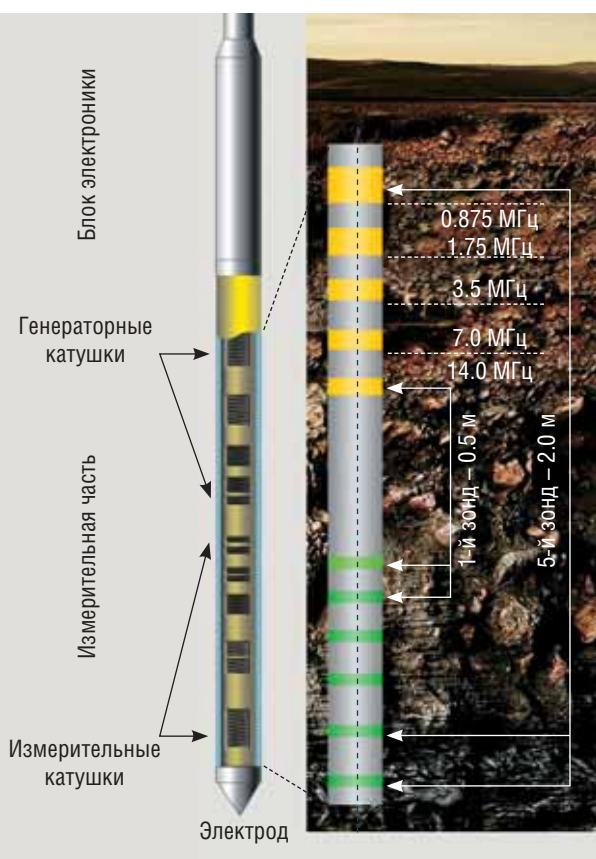
Key words: near-well invasion zone, mud filtrate, displacement front, saturation, inverse problem

Оставшиеся нашему поколению нефть и газ залегают глубоко под землей. Перед тем как начать промышленную разработку месторождения углеводородов, необходимо количественно разведать, каковы их общие запасы и сосредоточенность. Эти два основных параметра определяют рентабельность добычи.

Отбирать вслепую пробы вещества на большой глубине неразумно, поэтому еще в прошлом тысячелетии ученые придумали геофизические методы определения границ месторождения и его продуктивности. В основу одного из таких методов было положено открытие того, что углеводороды слабее проводят электрический ток, чем вода. По электропроводности можно также газообразные углеводороды отличить от жидких (нефти).

В природе все эти «флюиды» пропитывают поровое пространство проницаемых слоев (пластов) земли. Таким образом, измеряя их *удельное электрическое сопротивление* (УЭС), в принципе можно оценить концентрацию и даже приблизительный состав содержащихся в них углеводородов.

Чувствительность электромагнитных методов позволяет проводить измерения на удалении от исследуемого объекта, но не более 10 м. Поэтому для исследования залежей полезных ископаемых надо доставить измерительное оборудование на глубину 2–3 км. Это делают через разведочные скважины.



Один из наиболее эффективных методов изучения электропроводности горных пород – высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ)*.

На основе этого метода создан многозондовый прибор. Каждый его зонд состоит из генерирующей электромагнитный сигнал катушки индуктивности и двух приемных (измерительных) катушек. Длина зонда и частота излучаемых волн однозначно определяют кольцевую зону его фокусировки (максимальной чувствительности) в окружающем пространстве.

Для выполнения измерений прибор ВИКИЗ на кабеле или в бурильной трубе опускают в скважину на требуемую глубину. По измеренным сдвигам фаз электромагнитных волн рассчитывается так называемое «кажущееся УЭС» – среднее удельное электрическое сопротивление участка породы в области фокусировки зонда.

Одновременное применение в приборе группы зондов различной длины позволяет сканировать грунт вокруг скважины в широком диапазоне расстояний

В процессе бурения скважины необходимо непрерывное удаление просверливаемой породы. В настоящее время для этого используют глинистые растворы на водной основе. Однако применение такого раствора сопровождается нежелательными для геологов и производственников явлениями. Так, коллоидный раствор глины, соприкасаясь на обратном пути с разрушаемой породой, подвергается частичному расслоению. При этом фильтрат раствора проникает в пласт, а частицы глины вместе с продуктами дробления откладываются на стенке скважины, образуя корку.

Фильтрат бурового раствора представляет собой слабо минерализованную воду (по сравнению с подземными водами, сопутствующими нефти и газу). Поскольку электропроводность пористого пласта земли сильно зависит от содержания в нем воды и степени ее минерализации, то в зоне проникновения раствора электромагнитные свойства среды нарушаются. При оценке содержания углеводородов в целом пласте непосредственное использование значения УЭС, измененного вмешательством человека, привело бы к большим ошибкам.

Однако изучение изменяющихся во время бурения свойств прискважинной зоны может быть полезным. Владея ценной информацией о взаимодействии раствора и земной породы, можно смоделировать протекающие при этом процессы – и с помощью полученной модели решать «прямые задачи», т. е. рассчитывать изменение этих свойств при разных начальных состояниях нефтегазового месторождения.

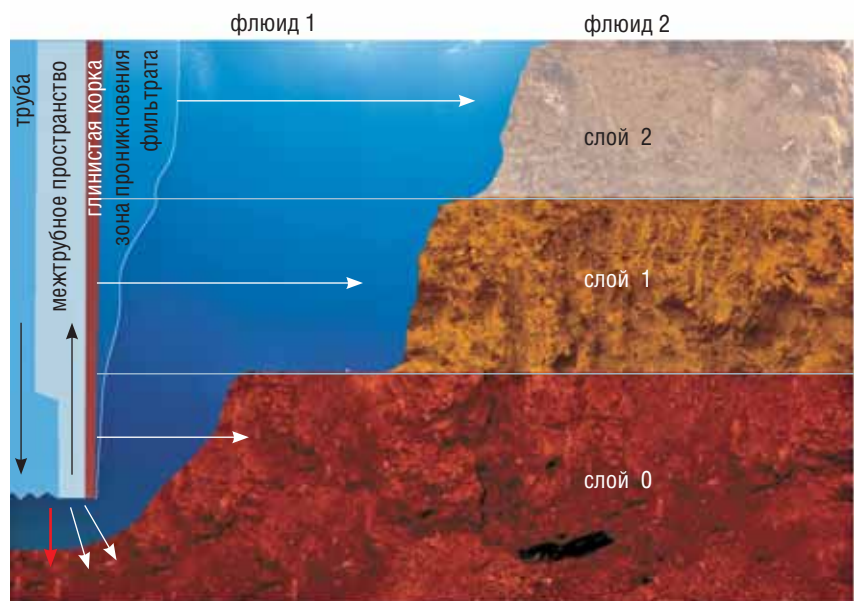
Но практическое значение имеет решение *обратной задачи*: на основе полученных геофизических данных о свойствах нарушенных бурением пластов узнать о насыщении углеводородами пластов, оставшихся нетронутыми. Для разработки методики решения этой задачи было организовано сотрудничество лаборатории фильтрации Института гидродинамики СО РАН и лаборатории электромагнитных полей Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН под руководством академика М. И. Эпова.

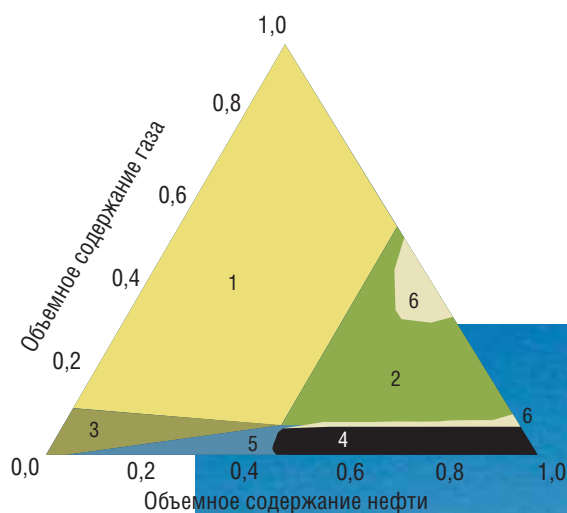
В результате коллективной работы была создана комплексная математическая модель блочной (модульной) структуры. Один из главных блоков модели описывает взаимосвязанные процессы гидравлического течения бурового раствора в межтрубном пространстве скважины, роста глинистой корки на стенках скважины, фильтрации несмешивающихся флюидов (воды, нефти, газа) в зоне проникновения и в нетронутой части пласта. Не менее значимым является также блок, моделирующий ионный обмен между подвижной и связанной со скелетом породы природной водой, поскольку наибольшее влияние на УЭС пласта оказывает содержание в нем воды и ее минерализация.

* Разработчик – д. г.-м. н. Ю. Н. Антонов (Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН)



В скважину насосом нагнетают по трубе глинистый раствор. Достигая дна, его поток подхватывает частицы размоленной буром земли и в межтрубном пространстве поднимается вверх. Частично он проникает через стенку скважины в грунт, оттесняя изначально насыщавшие поровое пространство флюиды (воду, нефть, газ). Неравномерность картины оттеснения связана с тем, что слои (пласты) земных пород различаются по проницаемости





Взаимный порядок расположения фронтов вытеснения воды, нефти и газа фильтратом бурового раствора (ФБР) полностью определяется их первоначальным соотношением в пласте. По законам комбинаторики, всего возможны шесть случаев размещения трех фронтов. Они соответствуют компактным областям на треугольной диаграмме фазового состава флюида, обозначенным цифрами 1—6. Например, в случае 1 (соответствующем наибольшей области на треугольной диаграмме) ближний к скважине фронт отделяет нефть от ФБР, а дальний – воду от газа



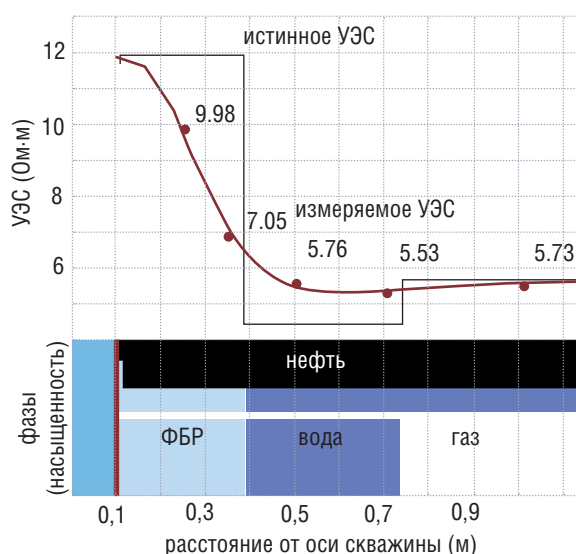
Для привязки истинной электропроводности к кажущемуся (измеряемому) УЭС в математической модели предусмотрен специальный расчетный модуль, учитывающий специфику распространения электромагнитных волн в насыщенной электролитом породе.

С помощью разработанной модели интерпретация данных зондирования сводится к численному решению обратной задачи геофизики: поиску таких начальных условий (исходной насыщенности пласта нефтью и газом), которые приводят к минимальному среднеквадратичному отклонению вычисляемого кажущегося УЭС от измеряемого прибором ВИКИЗ.

Следует обратить внимание на то, что решение обратных задач сопряжено с известными трудностями, обусловленными так называемой неустойчивостью при поиске численного решения. Поэтому важно предварительно ограничить область поиска.

Внешне буровая установка нефтегазопромысла представляет собой ажурную вышку высотой в несколько десятков метров

Для этого в зоне проникновения фильтрата было детально исследовано перераспределение несмешивающихся фаз флюида, а также переход солей между водами. Анализ показал, что на практике реализуются все шесть возможных случаев взаимного расположения фронтов вытеснения нефти, газа и пластовой воды. С помощью математических методов на диаграмме фазового состава флюида практически во всем диапазоне соотношений компонентов были определены области, соответствующие этим случаям.



По совокупности измеряемых (кажущихся) значений УЭС с помощью разработанной математической модели определяют расположение фронтов вытеснения флюида буровым раствором в окрестности скважины. Границы между областями с разным составом флюида соответствуют резким изменениям (скачкам) вычисленных «истинных» значений УЭС. Так, пластовая вода содержит много растворимых минеральных солей и имеет из-за этого более низкое электросопротивление, чем относительно пресный фильтрат бурового раствора. Исходя из полученных данных рассчитывают соотношение фаз, насыщающих пласт. По вычисленным радиусам оттеснения нефти и газа и дальности проникновения бурового раствора определяются фильтрационные характеристики слоя земной породы на данной глубине. Зная величины проницаемости грунта для нефти и газа, можно оценить количество последних, которое удастся извлечь, и выработать оптимальную стратегию эксплуатации месторождения.

Выяснилось также, что порядок их расположения зависит исключительно от исходного соотношения фаз флюида в поровом пространстве пласта, но не от их химического состава или физических свойств. Это позволяет при анализе данных сначала определить порядок вытеснения фаз, что значительно сужает область поиска решения поставленной обратной задачи, и, следовательно, сокращает время обработки результатов геофизических измерений и улучшает качество прогноза.

Порой бывают приятные исключения, подтверждающие мудрость народной поговорки: «Нет худа без добра!» Да, используемые технологии бурения нарушают свойства прискважинной зоны. Но изучение протекающих при этом процессов позволило сибирским математикам и геофизикам впервые в мировой практике разработать метод количественной интерпретации данных электромагнитного зондирования пород, слагающих месторождение нефти или газа.

Аппаратура ВИКИЗ и метод интерпретации уже опробованы на месторождении, разрабатываемом компанией «ЛУКОЙЛ» (Когалым, РФ) и месторождении в штате Оклахома (США). Результаты были приняты с отличной оценкой.

Более того, выяснилось, что этим методом можно определять не только степень насыщенности пласта углеводородами, но и рассчитывать его проницаемость для нефти и газа. Следует особо отметить, что в случае слабых фильтрационных свойств пласта добыча из него ископаемых углеводородов существующими технологиями невозможна. Поэтому своевременно получить такую информацию крайне важно для принятия адекватного решения о разработке месторождения.

Литература

- Антонов Ю.Н. Изопараметрическое каротажное зондирование (обоснование ВИКИЗ) // Геология и геофизика. 1980. № 6. С. 81–91.
- Пеньковский В.И., Энов М.И. К теории обработки данных электромагнитных зондирований в скважине // Докл. РАН. 2003. Т. 390. № 5. С. 685–687.
- Pen'kovskii V.I., Korsakova N.K. The new method of data interpretation of well electromagnetic sounding // IPSE. 2010. V. 18. No. 7. P. 983–995.



Стеклянные шарики для солнечного газа

Солнечный газ гелий обладает уникальными свойствами, благодаря которым он применим во многих областях науки и техники. Однако выделение гелия из природного газа требует колоссальных затрат. Сибирские ученые предлагают эффективный способ предварительного обогащения газа с помощью микросферического материала из отходов ТЭЦ. Эта технология позволит значительно снизить себестоимость чистого гелия

Ключевые слова: обогащение гелием, природный газ, математическое моделирование, ценосферы, избирательная проницаемость, разделение газов.

Key words: helium enrichment, natural gas, mathematic simulation, cenospheres, selective permeability, gas separation

Химический элемент с порядковым номером 2 – гелий – в обычных условиях существует в виде газа, который обладает непревзойденной химической инертностью. Среди всех известных веществ у него самая низкая растворимость в жидкостях, самая высокая теплопроводность и наименьшая температура конденсации. Кроме того, он самый легкий среди негорючих газов. Благодаря этим уникальным свойствам гелий незаменим в технике сверхнизких температур и высоких давлений; он также широко применяется в металлургии, медицине, производстве синтетических материалов и других самых разных областях науки и техники.

Запасы гелия на Земле огромны. Он содержится в атмосфере, океане, в земной коре. Однако повсюду он находится в смеси с другими газами, а концентрация его невысока. На нашей планете большая часть гелия содержится в ископаемом природном газе, из которого его и добывают. Месторождение газа считается богатым гелием, если его объемная доля превышает 0,5% (для сравнения, в атмосферном воздухе она в тысячи раз меньше). В настоящее время во всем мире для промышленного выделения гелия из природного газа используют криогенную технологию, основанную на методе низкотемпературной конденсации и последующей ректификации компонентов. Очищенный гелий сжижают и помещают в специальные хранилища или сразу же используют по назначению.

Работы при сверхнизких температурах требуют особых морозоустойчивых материалов и сложной конструкции контрольно-измерительной аппаратуры, поэтому строительство гелиевых заводов весьма дорогостоящее мероприятие. Другой недостаток криогенного способа получения гелия – большие энергетические затраты на охлаждение и сжижение компонентов природного газа.

Актуальность совершенствования основного способа промышленного получения гелия несомненна. В мире постоянно обсуждаются идеи более экономичных технологий, которые не требовали бы низкотемпературных условий производства.

Требуется сортировщик молекул

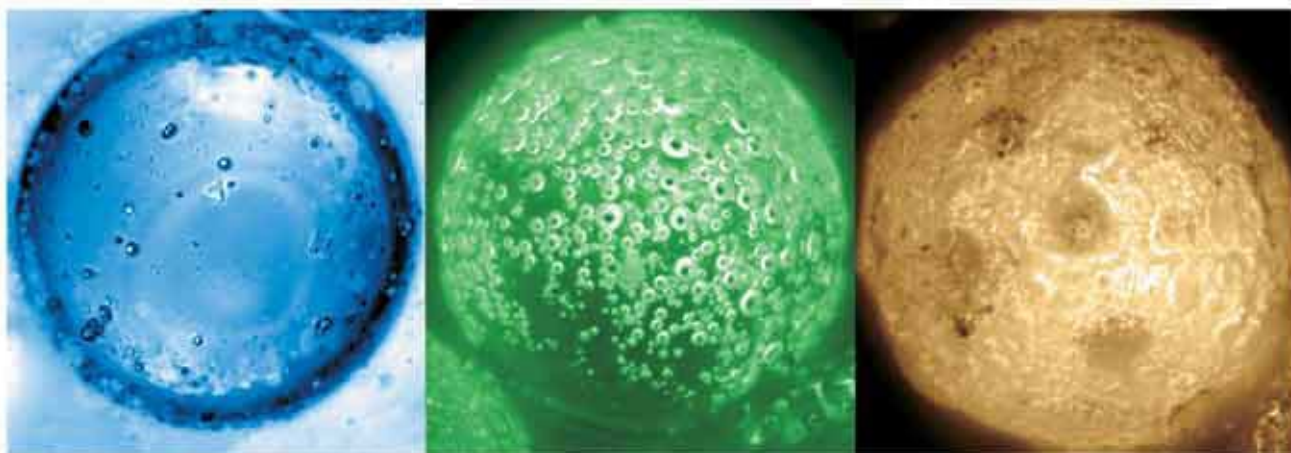
Одна из наиболее перспективных идей отделения гелия без использования низких температур связана с давним открытием того, что молекулы легких газов способны *диффундировать* (просачиваться) сквозь кристаллическую решетку различных материалов. Например, водород исключительно легко проникает сквозь пластинки из металла палладия; на основе этого знания реализован способ разделения водородсодержащей газовой смеси в сепараторе с тонкостенными палладиевыми мембранами.

Известно, что гелий хорошо проникает через кварцевое стекло. Но кварц – минерал очень тугоплавкий, поэтому изготовление тонких кварцевых трубок или пластин – весьма трудоемкая операция, а их хрупкость ставит



ВЕРЕЩАГИН Антон Сергеевич – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института теоретической и прикладной механики СО РАН (Новосибирск)

Наиболее богатые гелием месторождения природного газа находятся в США. Этой стране принадлежит основная доля производства (около 85% от мирового) и потребления этого газа. Перспективы России в добыче гелия связаны с газовыми месторождениями Восточной Сибири, крупнейшим из которых является Собиновское (Республика Эвенкия)



Основу ценосфер составляет алюмосиликатная стеклофаза с переменным содержанием оксидов железа, магния и кальция. В стекло вкраплены кристаллические фазы – силикатный минерал муллит и кварц. Тончайшие иглы муллита выполняют роль своеобразной арматуры, повышающей прочностные характеристики стеклянной оболочки. Кварц образует своего рода каналы, по которым сквозь стенку ценосферы просачиваются молекулы легких газов.

Оптическая микроскопия.

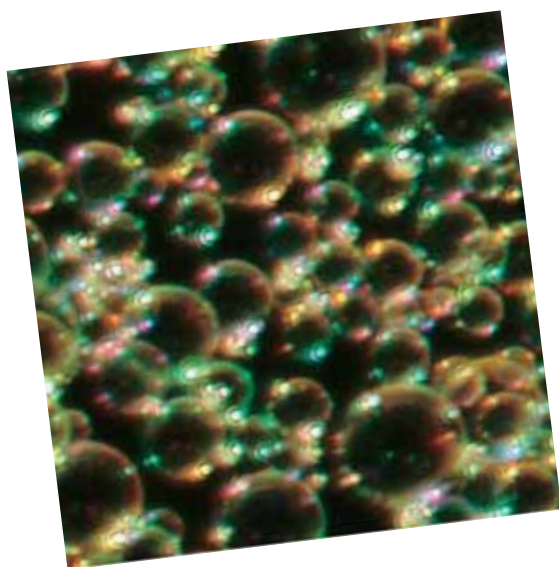
Фото предоставлены

А.Г. Аншицем (Институт химии и химической технологии СО РАН, Красноярск)

Микросферы – это полые тонкостенные стеклянные частицы диаметром от нескольких микрон до миллиметра. Изготовление синтетических микросфер с заданными свойствами обходится весьма дорого; их используют в производстве высокотехнологичного оборудования. Но существует и более доступная разновидность микросфер – так называемые ценосферы, являющиеся побочным продуктом сжигания угля на тепловых электростанциях. При сгорании угольной пыли температура достигает 1200—1700 °С. В этих условиях минеральная компонента (зола) расплавляется, образуя мельчайшие капли. Они уносятся газовым потоком, постепенно раздуваясь за счет расширения захваченных газовых включений, и в итоге застывают, сохраняя форму. Размеры получающихся таким образом сферических частиц составляют 5—400 мкм, а толщина их стенки 2—30 мкм.

Низкая плотность (0,3—0,7 г/см³), значительная механическая прочность и термическая стабильность, прекрасные теплоизолирующие свойства, устойчивость к химически агрессивным средам, и наконец, дешевизна – благодаря всем этим качествам порошки из ценосфер широко используются в качестве наполнителя при производстве строительных материалов.

Многообразие свойств ценосфер позволяет находить все новые направления их практического применения. Изучением ценосфер и исследованием создаваемых на их основе новых материалов и технологий занимаются в Институте химии и химической технологии СО РАН (Красноярск)



Дорогостоящие прозрачные синтетические микросферы типа МСВ-1Л имеют диаметр 10—90 мкм и среднюю толщину оболочки около 1 мкм. Они могут использоваться при давлении до 45 атм и температуре не выше 650 °С.

Фотография предоставлена

В.Н. Зиновьевым

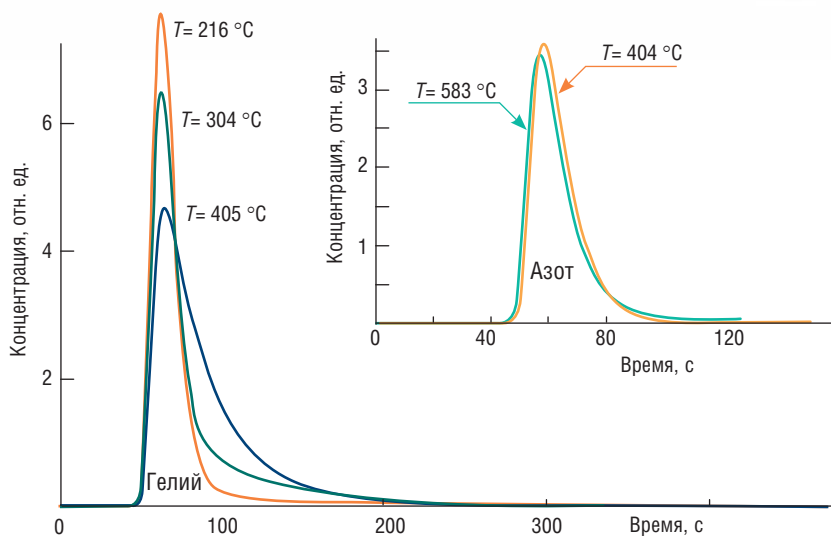
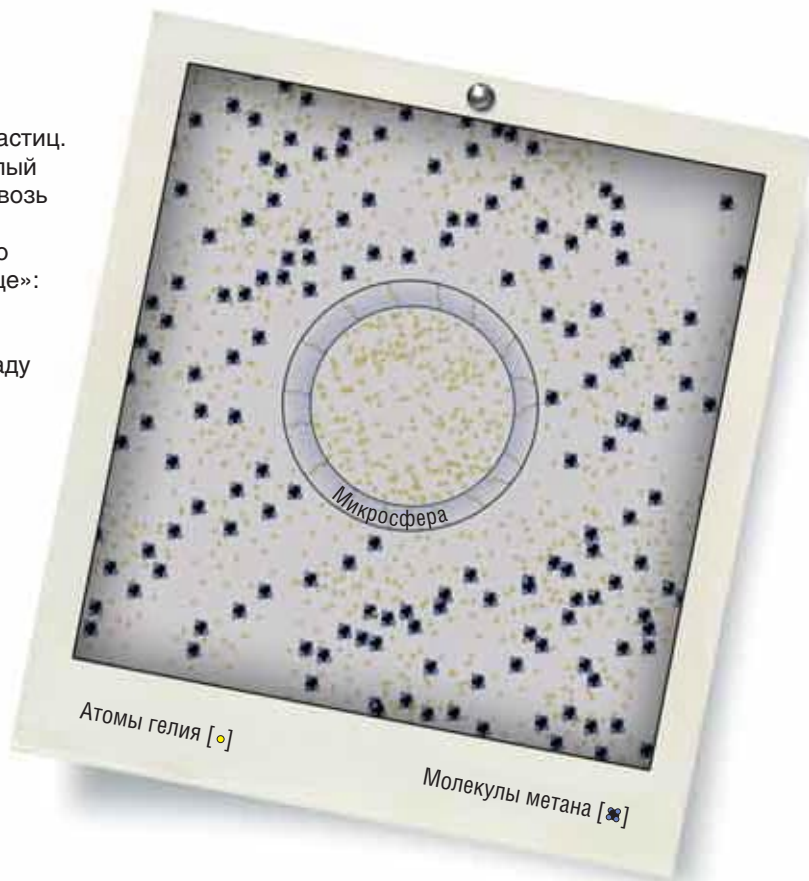
Оболочка микросфер проницаема не для всех частиц. Одноатомные молекулы гелия имеют самый малый размер (около 0,2 нм) и легко просачиваются сквозь стенку. Диффузия идет интенсивнее при более высоком давлении. Молекулы метана (основного компонента природного газа) почти вдвое «толще»: они не могут проникнуть внутрь. Интенсивность диффузионного потока гелия в первом приближении пропорциональна перепаду парциальных давлений

под сомнение надежность сепарационных агрегатов на такой основе. Поэтому до недавних пор предлагаемые технические решения не могли серьезно конкурировать с криогенной технологией ни по производительности, ни по капитальным затратам.

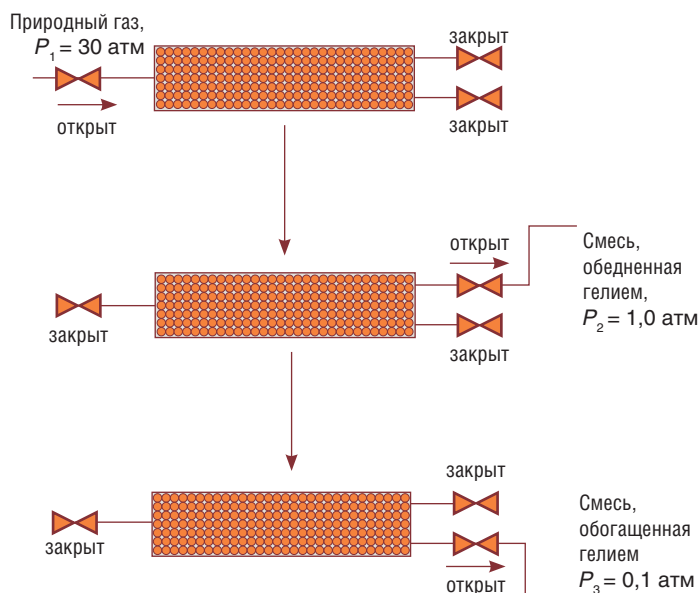
Возобновление интереса специалистов к «теплым» способам концентрирования гелия связано с результатами научных исследований свойств наполнителей стройматериалов, проводимых в Институте химии и химической технологии СО РАН (Красноярск). Конкретно речь идет о так называемых *ценосферах* – тонкостенных стеклянных шариках микроскопического размера, являющихся продуктами попутной переработки зольных компонентов угольной пыли.

Изучение фазового состава вещества ценосфер показало наличие в нем кристаллической фазы кварца, следовательно, их стенки проницаемы для гелия. Это навело ученых из Института теоретической и прикладной механики СО РАН (Новосибирск) на мысль о возможном разделении гелийсодержащего газа с помощью этих микрочастиц.

Чтобы проверить эту гипотезу, в институте исследовали проницаемость различных газов внутрь ценосфер. Результаты хроматографических опытов свидетельствуют о том, что из компонентов природного газа только гелий способен проникать сквозь оболочку ценосфер.



Суть хроматографического анализа – различение веществ по неодинаковой способности их молекул проникать в микрочастицы твердого материала и временно сорбироваться (удерживаться) в них. В эксперименте на вход колонны, заполненной порошком ценосфер, подают короткий импульс исследуемого газа, и с этого момента регистрируется зависимость его концентрации на выходе от времени. Изменение формы и высоты сигнала от гелия с ростом температуры указывает на увеличение проницаемости ценосфер. Для других исследованных газов (азота, метана и др.) такого эффекта не обнаружено



Этап I: заполнение колонны газовой смесью. Смесь подается внутрь колонны под высоким давлением. Как только волна давления достигает середины колонны, вход перекрывают. В течение паузы микросферы постепенно наполняются гелием

Этап II: откачивание смеси, обедненной гелием. Выход колонны открывают, газовую смесь быстро откачивают, понижая давление снаружи микросфер, и выход перекрывают. В течение последующей паузы микросферы постепенно освобождаются от гелия

Этап III: выход смеси, обогащенной гелием. Выход вновь открывают, и из колонны выкачивают обогащенный гелием газ. По завершении процесса выход закрывают, и колонна готова к началу следующего цикла

Рабочий цикл концентратора гелия состоит из трех этапов.

Если за один цикл приемлемой концентрации гелия достичь не удастся, обогащенную гелием смесь можно вновь вернуть в разделительную колонну для осуществления повторного цикла с целью дальнейшего концентрирования.

Для обеспечения непрерывного процесса обогащения газовой смеси также можно организовать каскад из нескольких колонн, работающих параллельно, со сдвигом по времени.

Комбинация этих режимов (последовательного и параллельного) работы колонн позволяет добиться высокого коэффициента обогащения природного газа гелием для последующей эффективной ректификации

Следующий уровень исследований – количественные эксперименты. Надо было выяснить, в какой мере температура, состав и давление газа влияют на проницаемость микросфер. Поток гелия рассчитывали по скорости изменения давления снаружи микросфер, а внутреннее давление газа оценивали из баланса вещества.

От эксперимента к технологии

На основе полученной в ходе экспериментов информации изобретатели предложили схему концентрирования гелия в заполненной микросферами колонне. Процесс осуществляется в три этапа: закачка исходной смеси при высоком давлении и абсорбция гелия микросферами, быстрое вакуумирование или продувка колонны с последующей десорбцией гелия из микросфер при низком давлении, выкачивание газа, обогащенного полезным продуктом.

Если для окончательной очистки гелия от примесей потребуется последующая криогенная обработка газа, то ее себестоимость будет уже в разы меньше.

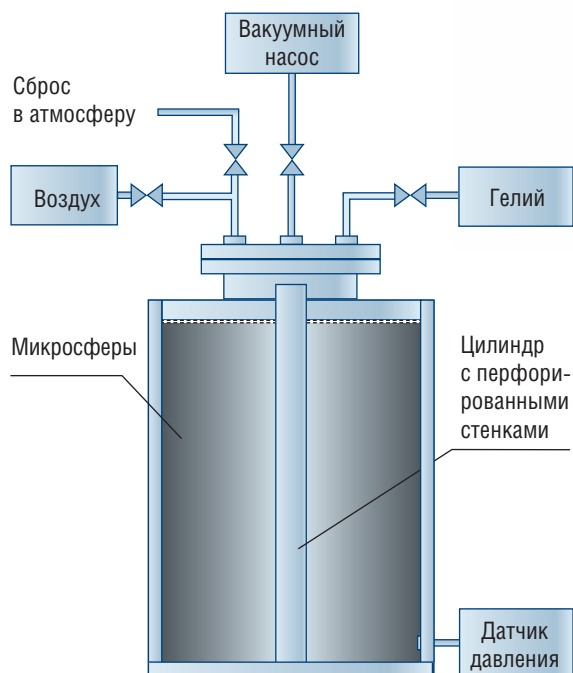
Воплощение предложенной идеи в промышленном масштабе требует инженерных расчетов обогатительной установки. На выход гелия могут влиять не только исходная его концентрация, температура, давление на входе и выходе разделительной колонны, но также ее габариты и расположение, фракция и плотность упаковки микросфер и много других факторов. Необходимо также испытать разные режимы функционирования каскада колонн и определить условия достижения оптимальных параметров процесса.

Для решения этого вопроса на основе уравнений механики многофазных сред создана математическая модель движения гелийсодержащей смеси в колонне сквозь слой избирательно проницаемых микросфер.

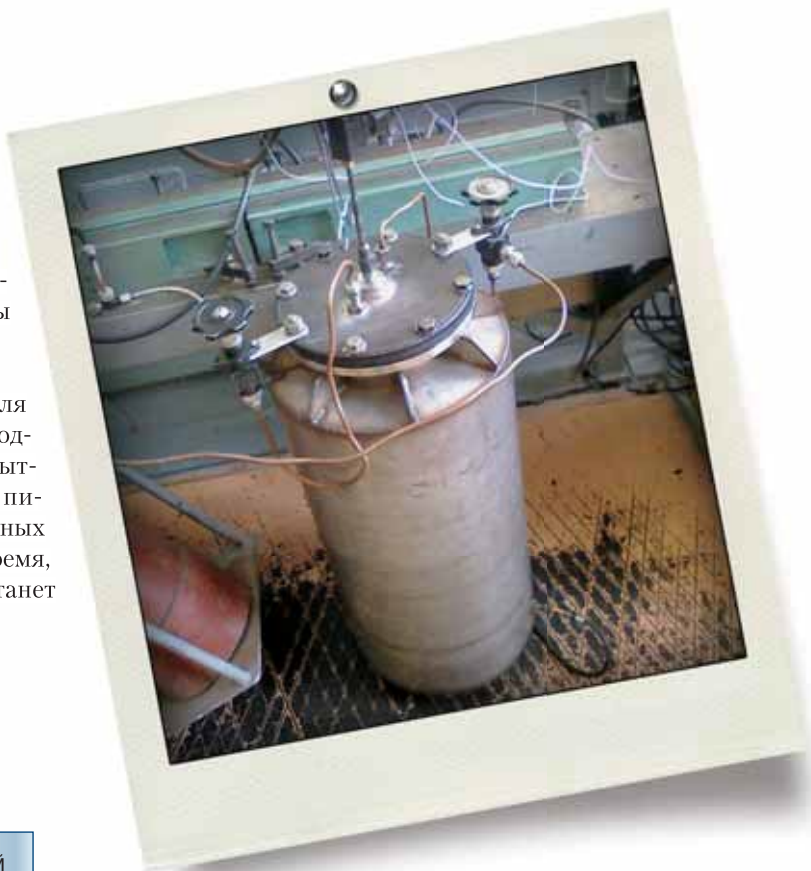
Важный этап – верификация математической модели и ее вычислительных схем. Было проведено сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными на специально созданном в лаборатории испытательном стенде. Оно подтвердило правильность математического описания протекающих физических процессов и позволило уточнить числовые значения их параметров.

Первые проведенные численные расчеты рабочего цикла в заполненной ценосферами колонне промышленных размеров продемонстрировали возможность десятикратного обогащения смеси, содержащей изначально 1 % гелия. И столь высокая эффективность – не предел. Нужны дальнейшие теоретические расчеты и экспериментальная апробация.

Вскоре предстоит испытания ценосфер для практического извлечения гелия из природного газа, добываемого в Сибири. На опытном производстве уже конструируют пилотную установку, пригодную к работе в реальных условиях. И, кажется, вот-вот наступит то время, когда гелий из сибирских месторождений станет обогащать нашу страну.



Основной элемент испытательного стенда, созданного в Институте прикладной и теоретической механики СО РАН, представляет собой мини-прототип одиночной гелийотделительной колонны. Он предназначен для изучения процесса концентрирования гелия в контролируемых условиях. Это необходимо для определения параметров математической модели, которая используется для оптимизации процесса и проектирования обогатительного оборудования



Литература

Долгушев С.В., Фомин В.М. Гелий: его значение в промышленности, современные и перспективные способы производства. Новосибирск, 2003. 23 с. (Препринт ИТПМ СО РАН; 5 – 2003).

Безотходные отходы // НАУКА из первых рук. 2009. № 6 (30). С. 94–95.

Верещагин А.С., Верещагин С.Н., Фомин В.М. Математическое моделирование движения импульса концентрации гелия по колонке, заполненной ценосферами // ПМТФ. 2007. Т. 48, № 3. С. 92–102.

Верещагин С.Н., Куртеева Л.И., Рабчевская А.А. и др. Использование ценосфер летучих зол от сжигания каменных углей для процессов диффузионного разделения газов // Процессы горения и взрыва в физикохимии и технологии неорганических материалов: Тр. Всерос. конф. М., 2002.

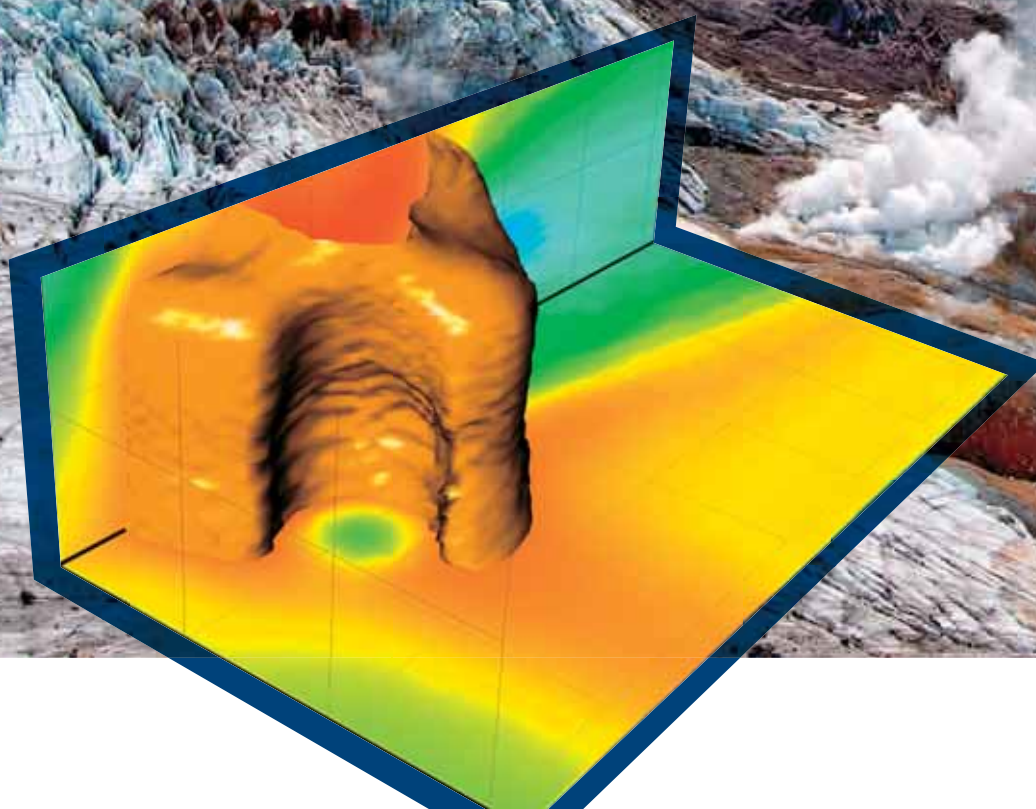
Верещагин А.С., Зиновьев В.Н., Пак А.Ю. и др. Оценка коэффициента проницаемости стенок микросфер // Вестн. НГУ. Сер. Физика. 2010. Т. 5, вып. 2. С. 8–16.

Долгушев С.В., Фомин В.М. Циклическое обогащение гелием природного газа в колонке со стеклянными микросферами // Вычислительная механика сплошных сред – Computational Continuum Mechanics. 2008. № 4

Работа выполнена в рамках интеграционного проекта СО РАН № 12 и комплексного проекта СО РАН – NSC № 143 при поддержке грантов Президента РФ (МК-4276.2010.1) и администрации Новосибирской области

ГОРЯЧАЯ КРОВЬ

неинвазивная диагностика вулкана



ЗЕМЛИ

На активных вулканах происходят события, которые являются отражением процессов, протекающих в глубине планеты. Оттуда по естественным каналам поднимается «кровь Земли» – термальные флюиды, выносящие на поверхность смесь веществ, богатую редкими химическими элементами.

С помощью геоэлектрических исследований и физико-химического моделирования ученые получают информацию о путях миграции этих элементов. Практический смысл данных работ – разработка новой методики поиска рудных месторождений и месторождений термальных вод



БЕССОНОВА Елизавета Павловна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования динамики эндогенных и экзогенных систем Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева (Новосибирск). Автор и соавтор более 70 работ



ПАНИН Григорий Леонидович – кандидат технических наук, ведущий инженер лаборатории электромагнитных полей Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (Новосибирск). Автор и соавтор 7 печатных работ

Ключевые слова: вулcano-гидротермальные системы, гидрогеохимия термальных источников, геофизические методы неразрушающего контроля, физико-химическое моделирование.

Key words: volcano-hydrothermal systems, hydrogeochemistry of thermal springs, geophysical methods of non-destructive testing, physicochemical modelling



Активные вулканы – уникальные геологические объекты, на их склонах и в кратерах часто появляются источники термальных вод и газов. Эти явления – отражение процессов, происходящих в раскаленных глубинах Земли, поскольку территории современного вулканизма связаны с зонами активных геодинамических процессов (Добрецов и др., 2001). В частности, все российские действующие вулканы возникли над зоной *субдукции* – областью, где под континентальную тектоническую плиту погружается океаническая плита. В некоторых местах ее материал плавится, образуя магматические очаги. Выходящие на поверхность газо-гидротермальные потоки, очевидно, формируются на основе расплавленного вещества из таких «очагов».

Основную роль в процессах формирования вулканических термальных растворов играют грунтовые воды, осуществляющие перенос тепла и вещества. Фильтруясь сквозь толщу вулканогенных пород, вода выборочно «выщелачивает» из них химические элементы, которые переходят в растворимую форму. Среди пополняющих раствор элементов могут быть и породообразующие (кремний, алюминий, кальций), и примесные (микроэлементы). Но большая их часть так и не достигает поверхности. Причина этого кроется в трудностях пути наверх.

Вулкан Мутновский – один из самых больших и наиболее активных вулканов Южной Камчатки. Морфологически это сложный горный массив, состоящий из четырех слившихся конусов древних вулканов. Современная вулканическая активность проявляется лишь в северной его части, где имеется система перекрывающих друг друга кратеров. Дно самых больших из них, Северо-Восточного и Юго-Западного, почти полностью перекрыто современными ледниками. Интенсивная фумарольная деятельность сосредоточена в Северо-Восточном кратере (в центре фото) и в Активной воронке (справа).



ФУМАРОЛЫ – источники горячего газа магматического происхождения, исходящего через отверстие в кратере или на склоне вулкана. Как правило, над крупными фумаролами клубится густой пар, поскольку в магме содержится большое количество воды, которая конденсируется на холодном воздухе. Помимо воды, через фумаролы выделяется углекислый газ, сероводород, галогеноводороды и др.

ТЕРМЫ – источники горячей (термальной) сильноминерализованной воды, бьющие в активных вулканических областях. Химический состав и температура изливающегося раствора непостоянны

ГЕЙЗЕРЫ – источники, периодически выбрасывающие фонтанами горячую воду с паром

Вода горячих источников вулкана Мутновский ультракислая. Чтобы вот так запросто стоять в ручье, нужны кислотоупорные сапоги





Кристаллическая сера образуется при окислении на воздухе одного из главных компонентов фумарольного газа – сероводорода H_2S

Восхождение из адского пекла

Восходящие потоки магматического флюида встречаются на своем пути с различными препятствиями. Они возникают из-за того, что толща земной коры сложена слоями разной степени проницаемости, которые образуют самые причудливые конфигурации. Из-за наличия таких геоструктурных особенностей пути миграции флюидов к поверхности представляют собой извилистые линии, которые могут многократно пересекаться и ветвиться.

Прилегающие друг к другу слои (горизонты) вулканических пород иногда резко различаются по физико-химическим свойствам. Граница раздела между ними является своего рода полупроницаемым барьером, потому что проходящий через него флюид может претерпевать фазовое разделение с разными скоростями



движения фаз. Когда при этом происходит перемещение компонентов между фазами, тогда говорят о возникновении геохимического барьера.

Например, снижение проницаемости приводит к увеличению давления в потоке, что может вызывать конденсацию и расслоение газообразного флюида на жидкий конденсат и насыщенный влажный пар. К подобному явлению приводит и взаимодействие флюида с более холодными грунтовыми водами. В последнем случае конденсат может перемешиваться с водой, при этом степень смешения (разбавления) и обмена ионами определяется разностью температур и соотношением между потоками флюида и воды.

Вход в слой с большей проницаемостью приводит, наоборот, к резкому спаду давления. При этом жидкий флюид может вскипать; тогда в паровую фазу (сепарат) частично переходят летучие компоненты (CO_2 , H_2S , HCl и т.п.), а металлы в виде гидроксидов и солей остаются и концентрируются в жидком конденсате. Так формируется рудоносный флюид, который в благоприятных условиях может

в итоге образовать рудное месторождение.

На пути флюида к поверхности Земли фазовые переходы из газообразного состояния в жидкое и обратно могут происходить неоднократно. При этом процессы массопереноса определяют изменение физико-химических свойств (в том числе и элементного состава) термальных растворов по пути следования вплоть до разгрузки их компонентов на поверхности Земли.

Важно отметить, что процессы переноса веществ идут частично, а не «до победного конца». Это значит, что в итоговом растворе, бьющем из источника, остаются следы всех химических элементов, хотя большую часть их он мог растерять по дороге. По этим следам в принципе можно не только прочесть историю его формирования, но и предсказать, где искать «потери».

Ищем клад

Для практического прогнозирования рудных месторождений и термальных вод нужны более точные фундаментальные знания о происхождении и эволюции

Геохимический барьер – зона резкого уменьшения миграционной способности каких-либо химических элементов. Процесс сопровождается их осаждением из термального раствора, что приводит к локальному повышению концентрации данных элементов в горной породе. Таким образом, геохимические барьеры играют важную роль в процессах рудообразования

Самородная сера бывает как очень чистой, так и с примесью различных химических элементов, например: Be, As, V, Zn, Ag, Pb, Ba, Bi и т.д. Именно на активных вулканах добывают самородную серу для нужд химической промышленности





гидротермальных флюидов, систематизированные в рамках единой теории. На современных вулканах исследователи получают фактическую информацию (совокупность гидрогеохимических и геофизических данных), необходимую для конструирования такой теории.

Вначале следует изучить строение гидротермальной системы вулкана и понять процессы и механизмы перехода в раствор и отложения химических элементов на пути миграции флюида, при этом немаловажную роль играет физико-химическое моделирование. Но для понимания условий формирования солевого состава подземных вод важно, чтобы в основу исследования были положены объективные измеряемые физико-химические параметры водной и вмещающей среды: температура и проводимость, соотношения основных ионов и микроэлементов, состав газа и т. д.

Натурное исследование объекта осложняется присутствием подвижных фаз. Механическое бурение скважины для отбора проб на глубине неминуемо разрушило бы структуру потоков в вулcano-гидротермальной системе, поэтому такой метод не сможет дать объективной картины изучаемых процессов.

К счастью, последние несколько лет геофизики интенсивно развива-

ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЯ

Для выполнения работ методом электротомографии использовались электроразведочные станции компании Iris Instruments и отечественный прибор из серии «Скала», прототип которого был разработан в 2008 г. в лаборатории электромагнитных полей Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН. Получаемая информация требует последующей компьютерной обработки результатов измерения

Для электротомографического исследования грунта на ряд заземленных электродов подают электропитание. При этом возникает электрическое поле, которое можно оцифровать, измеряя электрические потенциалы на поверхности вдоль линии тока. Из цифровой картины поля вычисляют удельное электрическое сопротивление (УЭС) грунта в ключевых точках секущей вертикальной плоскости.

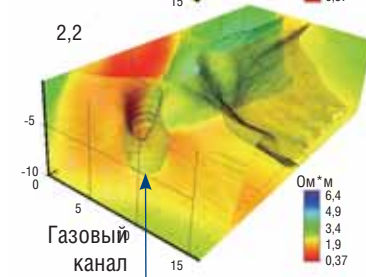
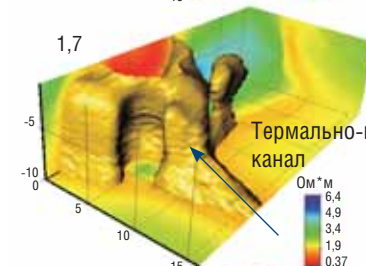
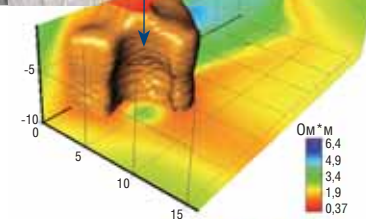
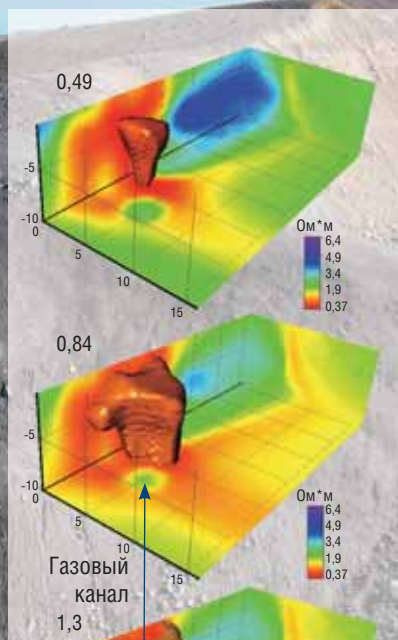
Выполнив ряд параллельных геоэлектрических «разрезов», получают информацию для построения 3D карты УЭС поверхностного слоя грунта. По этой карте изучают геометрические особенности слагающих его пород и наполняющих их флюидах.

Этот метод можно использовать даже в условиях, когда изучаемое пространство имеет сильно неоднородное строение с широким диапазоном УЭС, что типично для гидротермальных объектов.

Дальность (глубина) измерений ограничена несколькими десятками метров, точность локализации – порядка одного метра



Отверстие фумаролы
в кратере вулкана Эбеко



Газовый канал является практически изолятором по сравнению с высокой электропроводностью каналов питания кипящих котлов. А эти каналы, в свою очередь, также выделяются на фоне вмещающих пород с гораздо большим удельным электрическим сопротивлением.

Так, на площадке Кипящих котлов Донного фумарольного поля вулкана Мутновский при электромагнитном зондировании идентифицирован вертикальный газовый канал работающей фумаролы и окружающая его структура путей питания самих котлов

ют технологии дистанционного неразрушающего контроля. Например, по электропроводности грунта можно установить, какая фаза (газообразная или жидкая) его наполняет, а также уровень его проницаемости.

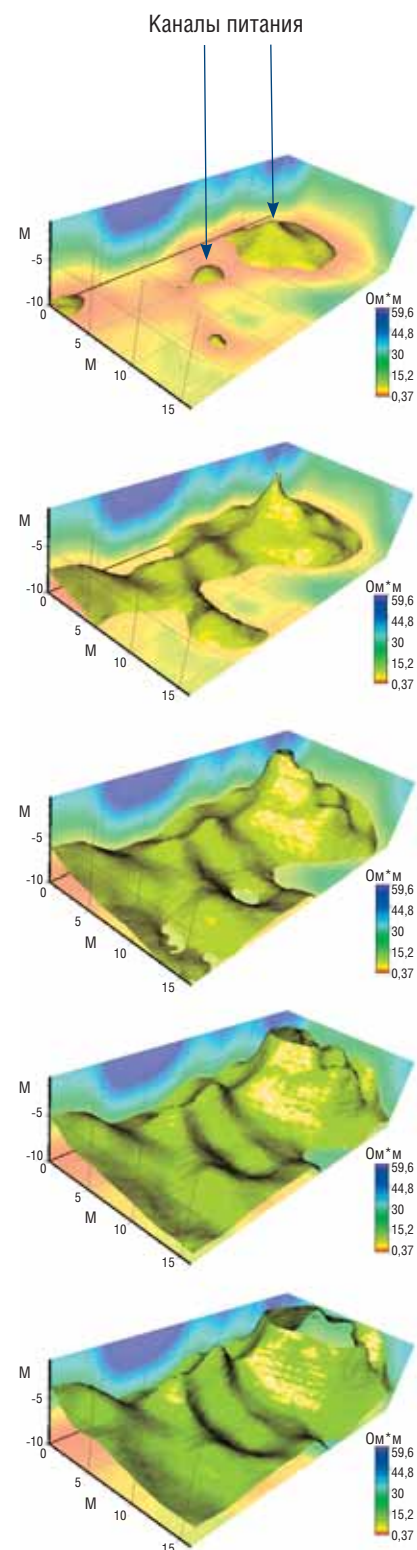
К неразрушающим методам относят, например, электротомографию (ЭТГ) и частотное электромагнитное зондирование (ЧЭЗ) – их часто используют для решения инженерно-строительных задач и при археологических исследованиях. С помощью обоих методов получают карту неоднородностей грунта, отличающихся удельным электрическим сопротивлением (УЭС).

Электротомография – метод наиболее зрелый и проверенный. В геоэлектрике он по праву может считаться реперным и дающим максимально точное значение глубины объектов. Более информативным инструментом для определения фазовой структуры гидротермальных систем является частотное зондирование.



Электромагнитный сканер, работающий на основе метода частотного зондирования, разработан в лаборатории электромагнитных полей Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН.

Программный комплекс предоставляет пользователю визуальный интерфейс: данные измерения оператор наблюдает на экране непосредственно во время работы – в реальном времени. Интерпретация данных зондирования осуществляется на основе алгоритма, разработанного в том же институте



ЧАСТОТНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Метод частотного зондирования основан на явлении электромагнитной индукции. В окружающее пространство генерируют электромагнитный сигнал и с помощью математической обработки отраженного сигнала получают карту распределения УЭС. Этот метод (в отличие от электротомографии) не требует гальванического контакта с землей.

Глубина зондирования определяется частотой сигнала и ограничена, как правило, несколькими метрами

Горячая кровь

На территории России в течение последнего десятилетия активную деятельность проявляли вулканы Мутновский (Южная Камчатка) и Эбеко (Северные Курилы), что представляет несомненный интерес для геологов.

Термальные растворы этих вулканов обладают сильной кислотностью (рН может достигать 0,5); главные химические элементы кислотообразующих анионов – хлор и сера. Катионный состав намного более разнообразен – он представлен десятками металлов.

Кроме того, исследователи отмечают весьма интересный факт: в водах двух терм, расположенных всего лишь в нескольких метрах друг от друга, катионный состав иной раз контрастно различается. В чем кроется причина этого явления? Казалось бы, потоки вещества, питающие эти термы, имеют один и тот же источник и проходят к поверхности Земли сквозь одинаковую толщу и практически рядом.

Загадочная причина гидрогеохимической неоднородности близко расположенных термальных источников и побудила сотрудников Института геологии и минералогии и Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН заняться

Среди других термальных источников на Донном поле вулкана Мутновский встречаются так называемые «рыжие» водоемы, цвет воды в которых обусловлен большим содержанием железа. Причина их наличия в окружении «нормальных» (серых) вод до недавнего времени оставалась загадкой.

Лишь благодаря высокому пространственному разрешению метода частотного электромагнитного зондирования исследователи выявили узкие обособленные каналы глубинной подпитки этих «озерц»

совместными исследованиями этих вулканов, чтобы понять пути миграции растворов и превращения, которые они претерпевают на своем пути к поверхности.

Следует заметить, что поверхностные слои земли характеризуются высоким вертикальным градиентом температуры и концентрации кислорода. Такой геохимический барьер является благоприятным фактором отложения вещества на небольшой глубине (порядка десяти метров). Поэтому изучение термальных полей в непосредственной близости от поверхности Земли представляет наибольший интерес. Сибирские ученые впервые в России применили для этой цели малоглубинные методы геофизики – электротомографию и частотное электромагнитное зондирование.

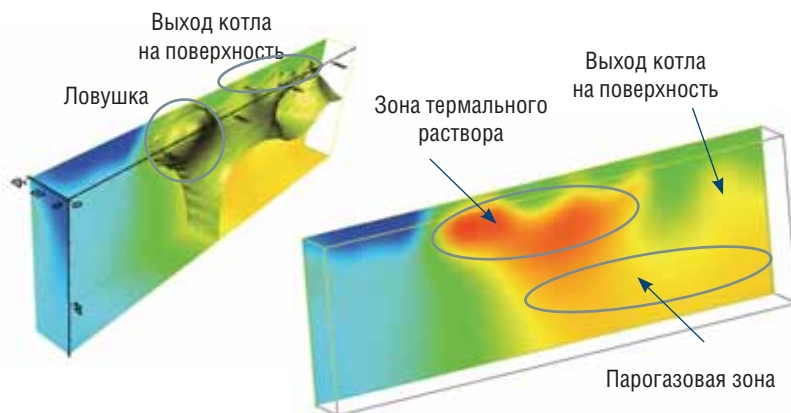
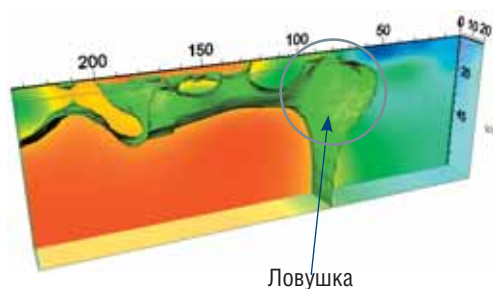
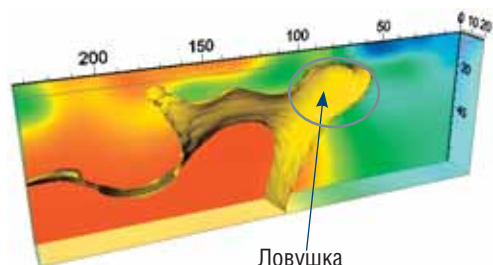
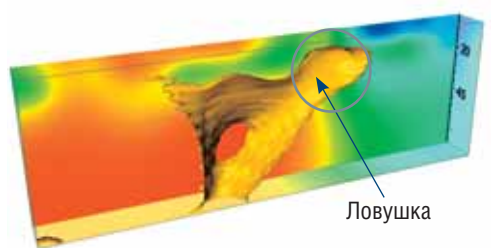
Электротомографией выявляются неоднородности на глубине в несколько десятков метров, однако пространственное разрешение этого метода невысоко. При частотном зондировании достигается более высокая детализация, но предельная глубина меньше. Поэтому была выбрана последовательная методика исследований: сначала с помощью электротомографии получали приблизительную карту поля УЭС под исследуемой территорией и по ней определяли места, наиболее интересные для геохимической съемки. Затем детальное зондирование выполняли аппаратурой, работающей на основе метода частотного зондирования.

В ходе полевых исследований специалисты использовали не только традиционные, но и специально разработанные для изучения гидротерм методики. Одна из них связана с наложением постоянного электрического поля при частотном зондировании, что позволяло более контрастно проявить проницаемые водонасыщенные каналы.

Разных полей «ягоды»

На термальной площадке Донного поля вулкана Мутновский есть грязевые котлы, в каждом из которых содержится уникальная ассоциация химических элементов. Среди них выделены титан, ванадий, хром, никель, редкоземельные элементы и металлы платиновой группы с аномально





С помощью электротомографии на постоянном токе вскрыта причина периодического (подобно гейзеру) режима функционирования Большого кипящего котла под Северо-Восточным фумарольным полем вулкана Эбеко.

Графическое представление информации в виде изоповерхностей УЭС отображает пространственную структуру парогазового резервуара котла и позволяет отчетливо увидеть зону конденсации парогазовой смеси в термальный раствор.

Оказывается, этот котел содержит неглубокую объемистую ловушку, не имеющую прямого выхода на поверхность.

В ней постепенно накапливается конденсат, который по достижении уровня горизонтального канала перекрывает его – и под давлением напора горячих газов фонтаном выплескивается наружу



Эбеко по частоте извержений является одним из самых активных вулканов Курильских островов. После извержений 1987 и 2010 гг. он привлекает пристальное внимание вулканологов в связи с его опасностью для г. Северо-Курильска, граница которого проходит всего в 6 км от активной воронки. На вулкане постоянно действуют фумаролы и горячие источники, в его кратерах периодически образуются кислые озера. Такой тип активности может быть обусловлен, с одной стороны, неглубоким расположением магматического очага, являющегося источником тепла и газообразного вещества, с другой – наличием горизонтов грунтовых вод

высокой концентрацией (Бортникова и др., 2009). Использование исключительно химико-аналитических методов не пролило свет на необычный состав термальных растворов.

С помощью ЧЭЗ удалось различить каналы вблизи поверхности (на глубине 5–8 м), по которым одновременно подводятся жидкофазные термальные растворы и газ. Оказалось, что потоки гидротермальных растворов не распределены равномерно по пространству под термальной площадкой, а сгруппированы зонально. При этом разнофазные потоки не перемешиваются, что и объясняет разнообразие термальных грязей.

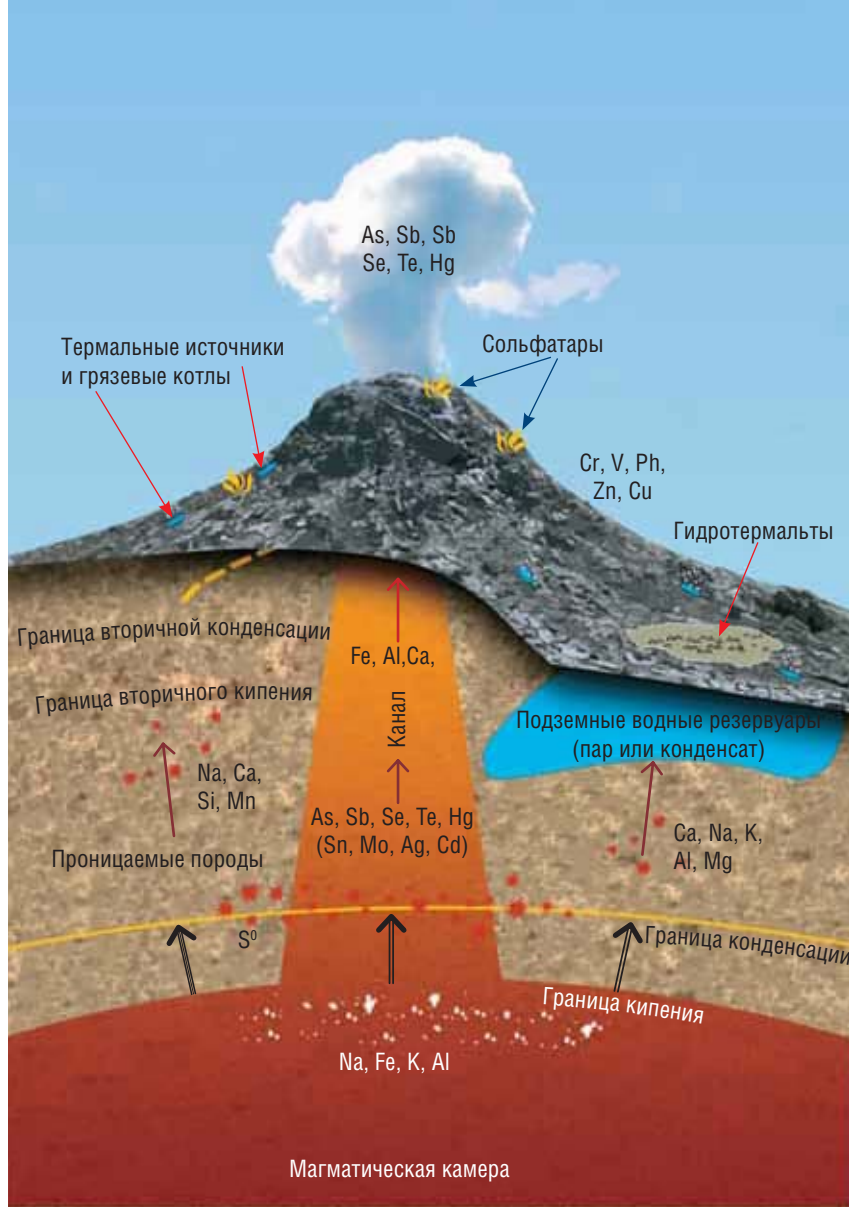
На том же Донном поле существуют и так называемые «рыжие водоемы» – гематитовые лужи, которые

содержат большое количество двухвалентного железа. До недавнего времени их контрастно отличающийся химический состав оставался необъясненным. ЧЭЗ показало, что они имеют хоть и небольшие, но вполне различные каналы, подпитывающие эти термы.

На вулкане Эбеко гидротермальное отложение веществ глубинного происхождения идет в основном на Северо-Восточном фумарольном поле. На трехмерной электротомографической карте распределения УЭС наглядно интерпретируется наличие парогазовой зоны, которая ближе к поверхности переходит в зону высокоминерализованных растворов. В этой зоне из парогазового потока отделяются вещества, переходящие в водную фазу – так происходит эволюция последовательного формирования раствора.

Таким образом, неразрушающий контроль продемонстрировал для вулканологии великолепный результат при изучении подводных каналов активных гидротерм и подповерхностных фазовых барьеров.

К сожалению, параметры физико-химических трансформаций веществ пока не представляется возможным измерить экспериментально *in situ*, т. е. непосредственно в природных условиях. Но зная свойства каждого из этих веществ в отдельности, можно с определенной долей приближения предугадать, какие они будут претерпевать изменения. Такой умозрительный процесс называют физико-химическим моделированием.



С помощью программных комплексов «Селектор» и «Флюид», разработанных в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (Новосибирск) и Институте геохимии СО РАН (Иркутск), выполнено физико-химическое моделирование миграции веществ в газо-гидротермальном потоке.

Сравнение результатов моделирования с гидрогеохимическими данными, полученными экспедицией СО РАН на вулканах Эбеко и Мутновский, позволило открыть закономерности, которые положены в основу концептуальной модели вулcano-гидротермальной системы

Основой (набором входящей информации) для моделирования являются данные полевых исследований.

Так, в результате физико-химического моделирования открыто несколько важных закономерностей, на основе которых сформулирована гипотеза о миграции химических элементов от магматической камеры до земной поверхности. Она положена в основу разработанной концептуальной схемы вулcano-гидротермальной системы.

Модель предполагает наличие неглубоко (менее 3 км) расположенной магматической камеры и хорошо проницаемого вертикального канала в толще горных пород, по которому горячие флюиды поднимаются к поверхности Земли.

Часть элементов, переносимых магматогенным флюидом, происходит из первичного расплава, другая часть выщелачивается (экстрагируется) из пород по пути следования. При встрече флюида с пластами подземных вод происходит остывание и разбавление термальных растворов, однако на химический «портрет» растворов это влияет несущественно – так следует из результатов моделирования.

Важнейший вклад в концентрирование растворов вносит эффект фазового разделения. Выяснено, что конденсация происходит в основном из-за остывания растворов по мере удаления от внутреннего источника тепла, а вскипание – вследствие спада давления при входе в менее плотный слой. При этом оба случая фазовых переходов способствуют обогащению жидкого раствора металлами, а с газом уносятся элементы, образующие летучие гидриды.

Вот так, в общих чертах, и формируются рудоносные флюиды, при благоприятных условиях способные образовывать рудные месторождения.

Безусловно, еще многие вопросы генезиса термальных растворов остаются нерешенными. В дальнейших исследованиях планируется изучить реальные фазовые барьеры (локализацию, физические и химические свойства, механизм воздействия на флюидный поток), а также определить условия, при которых происходит осаждение рудных компонентов.

Для решения поставленных задач создается более совершенная численная модель физико-химического взаимодействия флюида и породы, учитывающая возможность фазовых переходов и энергетику протекающих процессов.

Литература

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. 408 с.

Бортникова С.Б., Гавриленко Г.М., Бессонова Е.П., Лапухов А.С. Гидрогеохимия термальных источников в Мутновский (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 6. С. 1–18

Балков Е.В., Эпов М.И., Маништейн А.К. Оценка глубинности наземного электромагнитного частотного зондирования // Геофизика. 2006. № 3. С. 41–44.

Эпов М.И. Из глубины сибирских руд...// Наука из первых рук, 2009. № 4(28), с. 60–73.

Бобачев А.А. и др. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. № 02. С. 14–17.

Маништейн А.К., Панин Г.Л., Тикунов С.Ю. Аппаратура частотного электромагнитного зондирования «ЭМС» // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 6. С. 571–579.

Маништейн Ю.А. и др. Особенности строения проводящих каналов термальных источников вулкана Мутновский (Южная Камчатка) // Докл. РАН. 2008. Т. 423, № 3, С. 383–388.

Бессонова Е.П. и др. Физико-химическое моделирование гидротермального изменения андезитов вулкана Эбеко, Курильские о-ва // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 56–64.

Авторы благодарят коллектив Курило-Камчатской экспедиции ИНГГ и ИГМ СО РАН, а также коллег из Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН.

Работа поддержана грантом Президента РФ МК-167.2010.5, интеграционного проекта СО и ДВО РАН №96.

В публикации использованы фото к.г.-м.н. А.Я. Шевко (Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск)





Э. В. СОКОЛ, С. Н. КОХ

Восточная окраина бассейна
Хатрурим. Странные конические
холмы – древние грязевые
вулканы, покоящиеся
на основании из осадков
мелового периода.
Израиль, 2007 г. Фото Э. Сокол

В отблесках



СОКОЛ Эллина Владимировна – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории метаморфизма и метасоматоза Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск). Область научных интересов: минералогия и процессы «метаморфизма горения», обусловленного пожарами природного органического топлива. Автор и соавтор 90 научных работ

КОХ Светлана Николаевна – кандидат геолого-минералогических наук, младший научный сотрудник лаборатории метаморфизма и метасоматоза Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 10 научных работ



“вечных огней”

В явлении Хатрурим огонь и вода были неразлучны: роговики (темно-зеленые породы) прошли обжиг при температуре выше 1000 °С, а «сседающие» их белые жилы возникли при участии растворов с температурой не более 40 °С.

Комплекс Даба-Свага, Иордания, 2007 г. Фото Э. Сокол

Ключевые слова: пирогенный метаморфизм, грязевые вулканы, Мертвое Море, формация Хатрурим.
Key words: combustion metamorphism, mud volcano, Dead Sea area, Hatrurim formation

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Когда все началось? Октябрь 2005 г., котловина бассейна Хатрурим в пустыне Негев. Глубоко внизу – впадина Мертвого моря, напротив – вздернутый почти на километр иорданский борт рифта. Бассейн окружают ровной «стопочкой» уложенные осадки теплого мелового моря, а внутри – сотни палевых конусов, сложенных каким-то месивом невразумительных пород. (На деле оказалось, что они обладают прочностью хорошего бетона и молоток от них отскакивает со звоном.)

Мир, обесцвеченный солнцем – белесые породы, вылинявшее небо, пекло, вязкий воздух не колыхнется, а течет... И унылая мысль: «Что я здесь делаю? Это же не мое...» Остается добавить, что на тот момент без малого 20 лет моей профессиональной жизни были связаны с геологическим явлением угольных пожаров и так называемым «метаморфизмом горения». В этом качестве я и была приглашена в Израиль доктором Е. Вапником, нашим коллегой из Университета г. Беэр-Шевы.

Но если вдуматься, то событие, приведшее меня сначала на Хатрурим, а потом и к «вечным огням» газовых факелов, произошло почти на 20 лет раньше.

...Ноябрь 1986 г. Ильменский заповедник на Южном Урале, куда я была направлена по распределению после окончания университета. За день до моего возвращения в новосибирский Академгородок, в ранних осенних

сумерках и произошла сцена, которая могла бы сильно смахивать на эпизод безвкусного детектива, если бы ее главным действующим лицом не был замечательный уральский минералог Борис Валентинович Чесноков. Уже тогда корифей, человек несентиментальный и жесткий, да еще и секретарь парторганизации, он вместо напутствия положил мне на ладонь рулончик микропленки и, явно волнуясь, сказал: «Это что-то невероятное. И люди этого еще не поняли. Не отметайте ничего – там все могло быть. Прочтите. Думайте».

В Новосибирске я отпечатала на фотобумаге портретного формата полуслепой вариант книги под названием «The mineralogy of the Haturim formation, Israel». Ее автор – женщина с библейским именем Суламифь (*Shulamit Gross*) – беспристрастно описала 122 (!) минерала, опираясь при этом на многочисленные русские источники. (Только через 19 лет я узнаю, что Гросс, начав обучение на кафедре минералогии Львовского университета, закончила его в эвакуации в Ташкенте в 1944 г.)

Среди описанных ею фаз преобладали минералогические редкости. Часть из них – простые безводные оксиды и силикаты, которые обычно входят в состав шлаков, огнеупоров и цементов. Эти соединения могли возникнуть только на земной поверхности под воздействием очень высоких (до 1000°C) температур. Прочие соединения представляли собой высоководные кристаллогидраты, аналогичные продуктам гидратации цементов. Причем здесь, в породах Хатрурим, они обычно сосуществовали в одном куске породы. Постичь, как и почему возникли эти невероятные минеральные сообщества среди карбонатных осадков окрестностей Мертвого моря, я, разумеется, не могла. Гросс тоже избегала генетических интерпретаций, дистанцируясь, в том числе, и от принятой в Израиле гипотезы классика тамошней геологии академика Бентора (*Bentor et al., 1963*), считавшего, что комплексы Хатрурим возникли в результате выгорания органического вещества мелов.

Случай увидеть Хатрурим представился мне только через 19 лет. С доктором Вапником мы день за днем проводили в пустыне, и я уже совсем отчаялась найти черты сходства между здешними геологическими объектами и хорошо знакомыми мне комплексами, преобразованными теплом угольных пожаров. (Ведь здешние горючие сланцы, точнее, «горючие мелы» – тоже твердое топливо, как и уголь, только низкокалорийное и горит не очень охотно.)

Каждый следующий маршрут все больше убеждал меня в том, что геологическая действительность формации Хатрурим не может быть объяснена в рамках концепции горения твердого топлива. Природные угольные пожары, создавшие неповторимые пирогенные (рожденные огнем) ландшафты, характерные для американских Великих Равнин или Кузбасса,

неизменно возникали на территориях с засушливым климатом в периоды максимального погружения зеркала грунтовых вод. Именно обожженные породы, будучи гораздо более прочными и устойчивыми к выветриванию, чем угленосные осадки, определяли затем развитие рельефа на этих территориях.

А в бассейне Хатрурим все оказалось наоборот: прочные спеченные породы образуют здесь только десятки разрозненных компактных очагов среди странных осадков. Большинство из этих пород имело мощность не более 1–2 м, а ниже этой глубины они были преобразованы агрессивными водными растворами. Толща в основании конических холмов нередко была вся иссечена гидротермальными жилами. Очевидно, что в явлении Хатрурим огонь и вода были неразлучны.

Самыми невероятными геологическими телами оказались концентрические валы на макушках конусов, состоявшие из роговиков – сваренных в монолит глыб обожженных пород. К 2005 г. наш израильский коллега нашел уже 15 таких «обоженных колец»! Анализ геологической ситуации заставлял сделать вывод, что по периметру этих отверстий (10–15 м в диаметре), сейчас заполненных невразумительной мелкозернистой массой, некогда развивались огромные температуры.

С появлением среди геологических реалий Хатрурим еще и «обоженных колец» в воздухе повисает стойкий аромат сумасшествия. Терять уже нечего, и я рассказываю о словах Б. В. Чеснокова, о его фантастической профессиональной интуиции.

И вот мы лезем на господствующую над бассейном библейскую (опять библейскую, но тут никуда не денешься, во времена написания Библии мир именно тут и располагался!) гору Зоар, чтобы оттуда попытаться обнаружить систему в расположении фокусов горения. Внизу – хаос из сотен конусов. По результатам рекогносцировки рукотворно-техногенная версия происхождения пород формации Хатрурим с видимым облегчением отбрасывается. Спустя год мой коллега, специалист по современным геологическим процессам И. С. Новиков напишет: «Версию о посадке межпланетного космического корабля мы, хотя в отчаянии и рассматривали, но отвергли, как не объясняющую многоэтапность метаморфических и гидротермальных преобразований».

В Новосибирск я вернулась с убеждением, что очаги высоких температур в бассейне Хатрурим были локальны и располагались непосредственно вблизи земной поверхности – как будто землю здесь гладили горячим утюгом. Главной находкой первого полевого сезона явились узкие, почти вертикальные подводящие каналы, заполненные дробленой массой пород – именно над ними на дневной поверхности располагались пресловутые «обоженные кольца». Это позволило сформулировать и первую гипотезу: явление Хатру-



Овальные тела (как правило, не более 3 м в поперечнике) обычно сложенные роговиками, отмечали местоположение в теле грязевого вулкана обожженных пробок, прочно запечатавших мелкие паразитные жерла. Судя по особенностям химического состава этих пород, обжигу здесь подвергались тонкие глинисто-карбонатные илы. На одной из крупных грязевулканических построек на юге Хатрурим обнаружено более 20 таких пробок! Гораздо реже встречаются «обоженные кольца», навсегда запечатлевшие внешний контур горевших здесь некогда газовых факелов.
*Израиль, бассейн Хатрурим, 2005 и 2007 гг.
 Фото Э. Сокол*

рим связано с трубками взрыва, а главным источником термических преобразований был горючий газ, возгорающийся при выходе в атмосферу. Не хватало самой «малости» – эта версия в корне противоречила принятой в Израиле трактовке геологической ситуации данного региона.

Геологический аналог явления Хатрурим был найден неожиданно быстро. Вернувшись из Израиля, я рассказала об этом невероятном месте Игорю Новикову. И уже через месяц он произнес ставшие сейчас обыденными, а тогда совершенно неожиданные слова: «Это – грязевые вулканы».

Известие не произвело на меня особого впечатления – на тот момент мои представления об этом явлении целиком ограничивались картинкой озера вязкой грязи, пыхающей пузырями наподобие манной каши. Игорь оставляет мне какую-то унылую книжку об аномально высоком пластовом давлении. Добросовестно читаю, и уже через пару дней начинается замечательный этап узнавания, тревожного сопоставления и, наконец, радостный итог: нашли!



Остальное стало делом техники добычи вещественных доказательств. (Вещественных в прямом смысле слова, поскольку они касались преимущественно минерального вещества.)

Следующим минералогом, кто спустя 30 лет после работ Гросс продолжил изучение минералов формации Хатрурим, стала Светлана Кох, в то время аспирантка. Ей достался едва ли не самый удивительный объект формации Хатрурим – кратерный комплекс потухшего грязевого вулкана *Nabi Musa hil* (с арабского – холм Пророка Моисея) на Западном берегу реки Иордан.

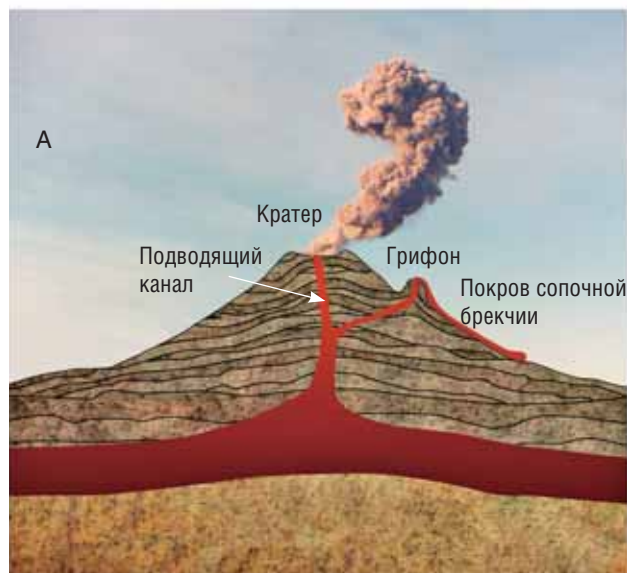
Э.В. Сокол

Грязевый вулканизм представляет собой процесс естественной дегазации погребенных осадочных толщ, обогащенных рассеянным органическим веществом. Его итогом является массовый выброс в атмосферу легких газообразных углеводородов, который сопровождается извержением воды, грязевых масс, фрагментов пород, а иногда и нефти.

Универсальное определение грязевого вулканизма было дано с позиций действия архимедовой силы: «Подъем и извержение грязевых масс – это процесс, в ходе которого флюидонасыщенные и дезинтегрированные осадки движутся вверх по разрезу вследствие своей плавучести» (Korff, 2002). Есть и иная, более образная трактовка С. А. Ковалевского (1940): «Грязевые вулканы – суть отдушины, проложенные напором газов к дневной поверхности от залегающих на некоторой глубине газовых очагов».

В провинциях грязевого вулканизма действительно повсеместно распространены газовые струи различного дебета и преимущественно метанового состава. Большую часть времени истечение газов происходит в спокойном режиме. Стремительный прорыв к поверхности насыщенных газами и обводненных масс завершается извержениями, сценарии которых варьируются от спокойного истечения грязевых потоков до взрывов, целиком уничтожающих вулканические конусы.

Грязевые вулканы в основном сосредоточены на площадях, где происхо-



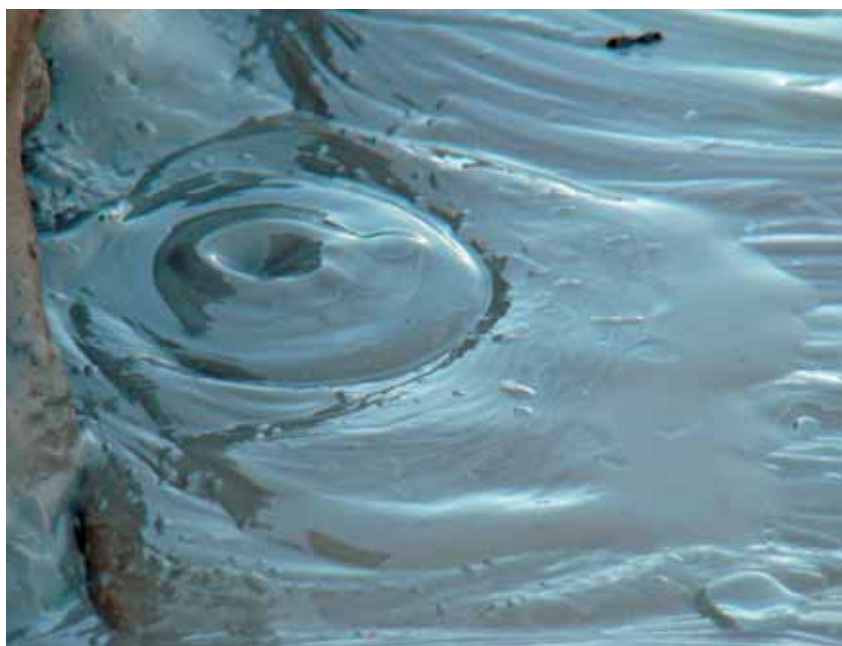
Грязевые вулканы формируются в результате выброса на поверхность значительных масс воды, газа и дезинтегрированного материала осадочных толщ. В вертикальном сечении выделяется три главных элемента: грязевулканическая постройка, подводящий канал и область корней вулкана.

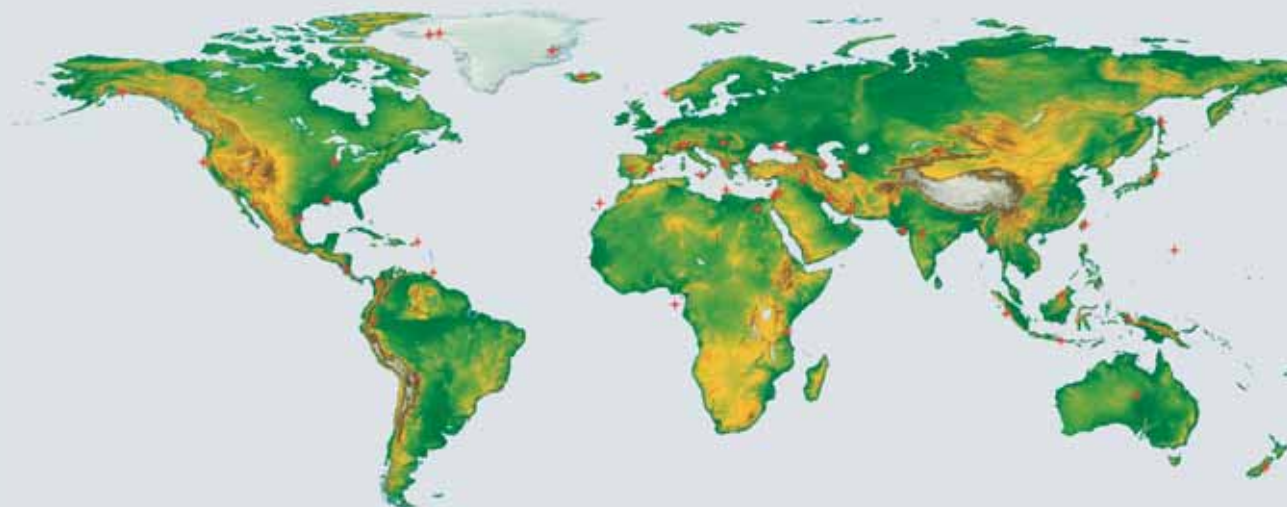
Высота грязевых вулканов всегда много меньше диаметра их основания, а крутизна склонов не превышает нескольких градусов, что объясняется низкой плотностью и высокой подвижностью продуктов извержения, обусловленных высоким содержанием воды и газов. По мере роста вязкости эта полужидкая, подвижная масса при затвердевании образует потоки, покровы, плосковершинные холмы, холмы с кальдерами обрушения, конические холмы с различной крутизной склонов (А). Грязевые вулканы, извергающие жидкую илистую массу, обычно вообще не выражены в рельефе или же представляют собой провал, заполненный водой (Б)

На фото слева и внизу — действующий грифон в кратере грязевого вулкана Карабетова гора. Тамань. 2008 г. Фото С. Кох

дила или сейчас происходит генерация углеводородных газов и нефти (Холодов, 2002; Корф, 2002). Классический пример — Каспийская нефтегазоносная провинция. Геолого-разведочные работы, проведенные в первой половине XX в. на крупных грязевулканических полях по всему миру, привели к открытию новых нефтяных залежей.

С 1970-х гг., когда резко возросли технические возможности эксплуатации месторождений на шельфе, акцент в исследовании грязевого вулканизма сместился в направлении подводных вулканических провинций. В этот период были открыты грязевые вулканы в акватории Черного, Средиземного, Северного, Баренцева, Карибского морей, Мексиканского и Бенгаль-





Распределение областей грязевого вулканизма на земном шаре в значительной мере контролируется тектоническими факторами. Наибольшее число грязевых вулканов сосредоточено в Средиземноморье и в Прикаспийской провинции.
По: (Korf, 2002; Шнюков и др., 2005; по данным авторов)

НЕУГАСИМЫЕ АТАШКЯ

Для народов, обитавших по соседству с грязевыми вулканами, они были обиходной реальностью, запечатленной в топонимах. В полной мере это относится к Керченско-Таманской и Прикаспийской грязевулканическим провинциям, топонимы которых бережно собрали профессор С.А. Ковалевский (1940) и академик НАН Украины Е. В. Шнюков (2005).

Первая генетическая классификация действующих грязевых вулканов Тамани была дана казаками, кои подразделили их на «пеклы» и «блеваки» (т. е. по типу извержений – на «огненные» и грязевые, соответственно) Пекло Азовское, Пекло Черноморское, гора Горелая и в противоположность ей – гора Гнилая.

На Керченском п-ве, в Азербайджане и Туркмении те же полярные стороны явления отражают тюркские и персидские топонимы: Джау-Тепе (Вражья гора), Кайнар-Джа (Кипящее Место, Кипящий Бугор); Лок-Батан, Ат-Батан (Батан – трясина; Лок-Батан – Провалившийся Верблюд), Отман-боз-даг – Стреляющая Серая Гора.

Западный берег Каспия — территория «огненных» топонимов. Название «Вечные огни» известно в Бакинском и Сураханском р-нах, под Баку и близ Дербента. Газовые струи месторождения Дагогни были описаны еще в V в. н. э. Приском Понтийским как «огонь, выходящий из скалы, лежащей у приморской дороги на Кавказ» (Дербентский проход) (Ковалевский, 1940). Дебет этих струй был настолько значителен, что до 1916 г. газ использовался населением для обжига извести и кирпича.

Однако чаще других здесь встречается тюркское название Отаж-Кая или Аташкя (Огненная скала). Первоначальный его смысл – культовый, оно означало «жертвенный огонь». Это название и сейчас используется в отношении горящих струй, способных поддерживать неугасимый огонь

ского заливов, в Западной Атлантике и пр.

К настоящему времени обнаружено более 1800 наземных и подводных грязевых вулканов, сгруппированных в несколько крупных провинций в пределах мобильных поясов, континентальных шельфов и подножий материковых склонов. Большинство из них приурочено к Альпийско-Гималайскому и Тихоокеанскому подвижным поясам. Отдельные площади грязевого вулканизма располагаются в районах развития соляных куполов, а также связаны с зонами, которые отличаются аномально высокими скорости современного осадконакопления (например, конусы выноса крупных рек на шельфах).

«Огненные явления» глазами очевидцев

Извержения грязевых вулканов в Иране, Азербайджане, Курдистане, на Тамани и о. Тринидад регулярно сопровождаются «огненными явлениями». Длительность «огненных эпизодов» варьируется от нескольких минут до нескольких лет.

В Таманской провинции за период 1818–2005 гг. 12 из 77 извержений

Типичные конусы грязевых вулканов достигают высоты 40—80 м и имеют хорошо оформленный кратер диаметром от десятков до сотен метров. Максимальная высота известных на сегодня вулканов достигает 300—500 м.

На территории одной провинции могут быть сосредоточены вулканы едва ли не всех морфологических типов. Для грязевых вулканов характерна также изменение форм их построек со временем, обусловленная изменением вязкости извергающихся масс, в результате чего вулканические конусы могут располагаться на обширном основании плоских сопочных покровов, занимающих территории в десятки, а иногда и сотни км² (Холодов, 2002; Корф, 2002)



Действующий грязевой вулкан Бориса и Глеба (вид со стороны ст. Ахтанизовской). Керченский п-ов, 2008 г. Фото С. Кох

Постоянно действующий грифон, названный в честь одного из первых исследователей грязевого вулканизма Конусом Абиha, сохраняет активность и поддерживает «идеальную» коническую форму на протяжении как минимум ста лет.

Булганакский грязевулканический очаг, Керченский п-ов. Фото Э. Сокол



Парадоксы грязевого вулканизма: сопка Ольденбургского, расположенная в пределах Булганакского сопочного поля, представляет собой впадину диаметром около 100 м и глубиной до 4 м. Здесь расположены многочисленные озерца с газирующей илистой водой, а жидкие продукты выброса растекаются по котловине.

Керченский п-ов, 2008 г. Фото С. Кох





Главная движущая сила извержений грязевых вулканов – избыточное пластовое давление, не скомпенсированное весом вышележащей осадочной толщи. Снятие этого давления может происходить либо постепенно – тогда из недр к поверхности медленно поднимаются («всплывают») огромные массы пластичных осадков, прежде всего солей и глин.

Реальная «иллюстрация» этого процесса – Сдомский соляной купол (диапир), расположенный к югу от бассейна Хатрурим.

На фото – соляные «скульптуры» Сдомского диапира.

Израиль, 2005 г. Фото Э. Сокол

сопровождались «огненными явлениями» (Шнюков и др., 2005).

В Азербайджане из 196 извержений, произошедших в 1810–1974 гг., уже 40% были «извержениями с пламенем», причем половину из них сопровождали горящие факелы. Большинство газовых фонтанов поднималось на высоту от 40 до 200 м, а высота одного превышала километр (!) (Якубов и др., 1974).

15 января 1887 г. произошло крупное «огненное» извержение вулкана Лок-Батан в 14 км от Баку, подробное описание которого дошло до нас благодаря одному из первых исследователей грязевых вулканов Х. Шегрену (Siögren, 1887, цит. по Ковалевскому (1940) и Якубову (1941).

За 15 минут до начала извержения газ начал выходить наружу с шумом,

похожим на шипение вырывавшегося из котла пара. «...Извержение уже некоторое время было в полном ходу ...когда была достигнута точка воспламенения углеводородов; при этом произошел взрыв смешанного с воздухом столба газов над кратером». По словам очевидцев, горящая струя походила на огненный фонтан, высота которого достигала 400–500 м! На минуту в Баку стало светло как днем, а в поселке Аджикабул (в 70 км к югу) свет пламени Лок-Батана позволял читать газету. В 2 км от места извержения ощущался невыносимый жар, а шум газового столба заглушал сигналы паровозов. Слабый ветер колебал огненный столб и относил к югу камни и грязь, которые падали на землю более, чем в 2 км от центра извержения. Поднявшись на Лок-

Батан через полтора месяца после извержения, Х. Шегрен обнаружил, что газ продолжал с шумом вырываться из кратерных трещин и все еще горел. Брекчия вокруг была обожжена до кирпично-красного цвета, а местами превращена в стекло. По его оценкам, за несколько часов Лок-Батан выбросил около 250 тыс. т вязкой брекчии!

Еще более впечатляют возгорания огненных факелов над морем во время подводных извержений. По словам Е.Ф. Шнюкова, во время знаменитого Крымского землетрясения 1927 г. над Черным морем в нескольких километрах от берега ночью возникла огненная дуга, отчетливо видная с берега. Она трассировала траекторию глубинного разлома, подвижки по которому и явились причиной землетрясения.

«Огненные явления» неоднократно наблюдались очевидцам и в акватории Каспийского моря. Характеризуя извержение грязевого вулкана на банке Кумани, произошедшее в 1927 г., капитан корабля «Сальянца» отметил, что «...огонь в первый момент образовался в верхней части столба

над морем и потом уже спустился вниз к основанию столба». При извержении на о. Лось в 1923 г. воспламенение газового столба также произошло вверх, и лишь затем огонь распространился вниз, обжигая сухую траву и спины птиц. Эта страшная картина повторилась и в 1940 г. при извержении грязевого вулкана на о. Булла, где упавшее вниз пламя спалило спины обитавших на острове животных и птиц.

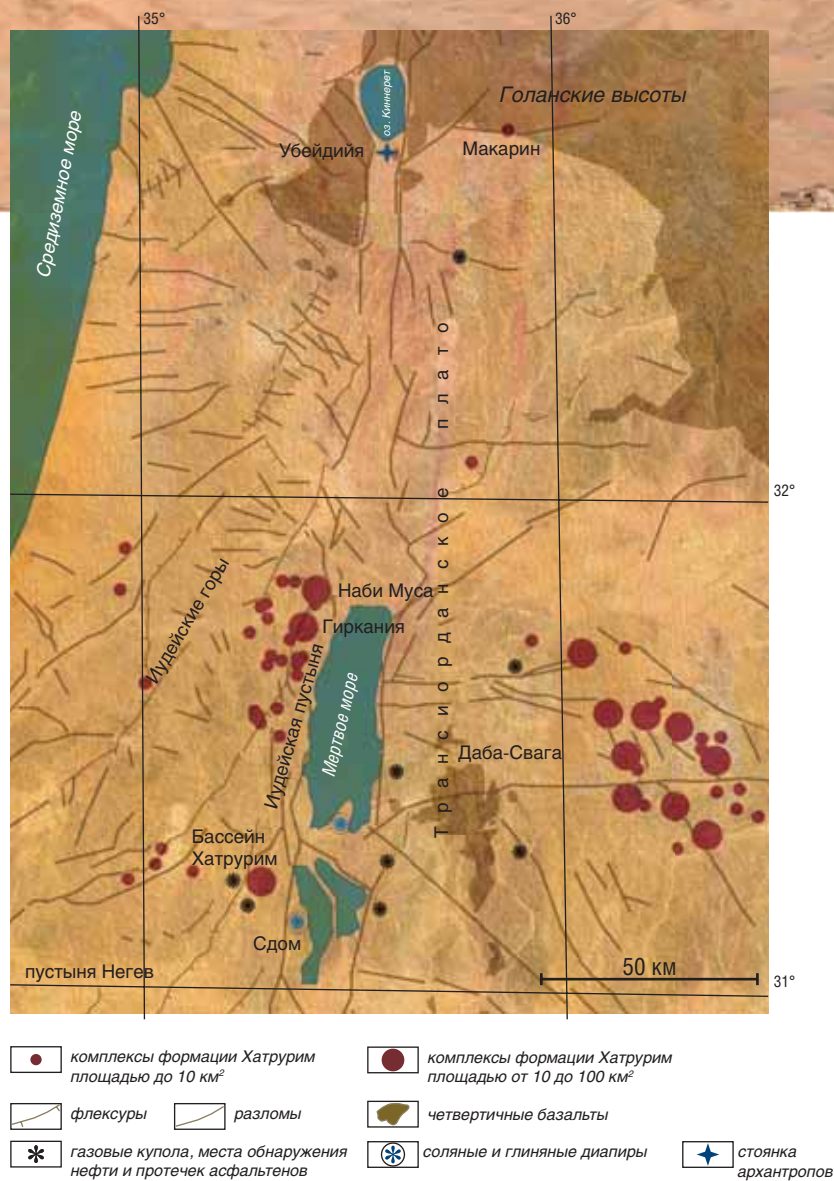
Нужно отметить, что воспламенение факела практически всегда завершается оседанием пламени – стремительным или постепенным. Причиной этого является падение дебета газовой струи, в результате чего фронт горения смещается в область избытка топлива. Такой эффект *засасывания пламени* хорошо известен в технике (Кнорре, 1955).

Оседание пламени на уровень разбитых трещинами сопочных полей формирует стационарные очаги обжига пород. По сведениям С. А. Ковалевского (1940), газовые струи на сопочных полях Апшерона между извержениями могли непрерывно гореть до 2-х лет. Зона высоких температур при этом располагалась



Горящие газовые струи – «вечные огни» грязевого вулкана Янар-Даг. Апшерон, 2008 г. Фото Е. Вапника

Эта жила, расположенная в глубине древнего грязевого вулкана Наби Муса, сразу привлекла внимание необычным цветом. Позднее было установлено, что жила состоит из брусита ($Mg(OH)_2$) и поваренной соли ($NaCl$) – минералов бесцветных, а ее окраску обеспечивает присутствие уранил-, молибдат- и хромат-ионов, содержание каждого из которых достигает 0,5–1 г/кг породы! Израиль, 2007 г. Фото Э. Сокол



под слоем трещиноватых пород на глубине 2–12 м и распознавалась по характерному свечению пород (например, красному – 850–900 °С; желтому – 1000–1050 °С; белому – 1200–1300 °С). Наблюдения на больших глубинах исследователь провести не смог – начал оплавляться металлический бур.

И снова Хатрурим

После года интенсивной работы стало ясно, что мы столкнулись с почти невероятной ситуацией: в досконально изученном районе существует неопознанная провинция древних грязевых вулканов. Позже мы называли ее Левантийской.

Несмотря на то, что проявления грязевого вулканизма в истории Земли известны с кембро-ордовика (542–444 млн лет назад), достоверные находки даже фрагментов дочетвертичных грязевулканических построек единичны. Распознавать реликты древних грязевых вулканов непросто, т.к. их конусы, сложенные рыхлыми сопочными массами, стремительно разрушаются, а четкие критерии их идентификации отсутствуют. Потребность же

Левантийская провинция древних грязевых вулканов – это 15 комплексов на обоих берегах рифтовой долины Мертвого моря. Будучи в течение 140 лет объектом внимания геологов, она так и не обрела адекватного геологического аналога и с 1970-х гг. стала фигурировать под именем собственным – «явление Хатрурим»



в последних огромна, поскольку древние провинции, также как и современные, являются индикаторами залежей углеводородов. Завершение активной деятельности грязевых вулканов свидетельствует лишь о снятии аномально высокого пластового давления в грязевулканическом очаге, а не об истощении залежей углеводородов.

Леванитийская провинция оказалась уникальным местом: здесь, в пустыне Негев, в Иудейской пустыне, а позднее и на Трансиорданском плато, были обнаружены десятки прекрасно сохранившихся вулканических жерл, подводящие каналы, паразитные кратеры и грифоны.

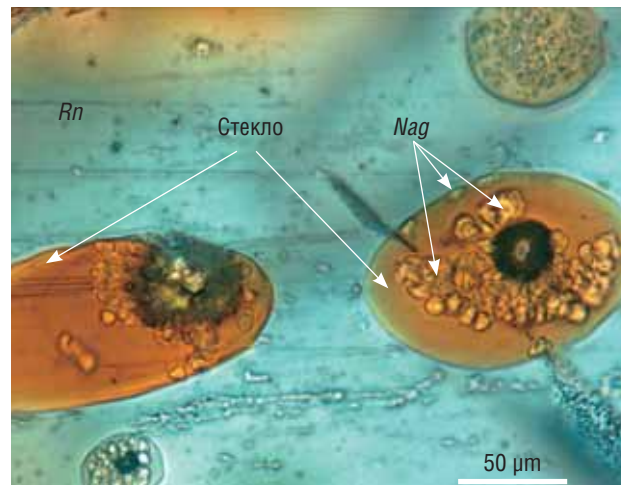
Какие процессы обеспечили их сохранность? С одной стороны – обжиг пород жерловой и кратерной частей вулканов в результате стационарного горения метановых струй. С другой стороны – карбонатизация и кристаллизация гидросиликатов кальция, превратившие исходно рыхлые сопочные массы в аналоги «составившихся» бетонов. Эти преобразования совершили ультращелочные воды, сопровождавшие извержения здешних вулканов. Трудно представить, но и сегодня на территории комплекса Макарин в Иордании имеются артезианские источники со щелочными водами, водородный показатель (рН) которых может достигать 12.9 (для сравнения – близкие значения рН имеет 5% раствор едкого калия, сильной щелочи). Получается, что постройки Хатрурим в равной мере сохранили огонь и вода, а еще, конечно, экстрааридный климат пустынь Ближнего Востока.

Особенности геологических тел и минеральный состав пород, метаморфизованных огнем, позволили реконструировать несколько режимов горения метана

Панорама бассейна Хатрурим с горы Зоар (Zohar). На заднем плане – Мертвое море и иорданский берег рифтовой долины. 2005 г. Фото Э.Сокол

В высокотемпературных минералах из паралав (плавленных пород) грязевого вулкана Наби Муса присутствуют многочисленные крупные включения силикатного расплава. Их плавление начинается при температурах 1100—1250 °С, и даже при 1350 °С полная гомогенизация еще не достигается. Это означает, что исходный расплав возник при более высокой температуре. Захват крупных расплавных включений – явление исключительно редкое для плавленных пород, связанных с пожарами горючих полезных ископаемых (в природных паралавах они обнаружены только во второй раз).

Световая микроскопия в поляризованном свете. Фото С. Кох





Одно из поразительных мест в бассейне Хатрурим – отпрепарированная эрозией пробка из спеченной брекчии среди рыхлых пород тела вулкана. Она является наглядной иллюстрацией одной из ключевых особенностей метаморфизма горения – чрезвычайно высоких термических градиентов, которые в данном случае могли достигать нескольких сотен градусов на сантиметр.

Израиль, бассейн Хатрурим, 2007 г. Фото А. Сокола

в периоды былой активности Левантийской провинции. Чаще всего газ горел под поверхностным слоем вязкого осадка, вынесенного с глубины, как это регулярно случается на Апшероне и Тамани. Сообщающаяся система трещин – неперенных спутников извержений – обеспечивала и приток окислителя в зону горения, и отток раскаленных газообразных продуктов реакции.

Со временем эрозия уничтожила слабо преобразованные породы верхнего горизонта, а нижерасположенные спеченные сохранились как бронирующие поверхности. В разрезе грязевулканической постройки очаги прокаленных пород могут многократно повторяться, указывая на чередование периодов «огненных» извержений и эпизодов спокойного истечения обводненных сопочных масс.

Эта периодичность свидетельствует также о восстановлении избыточного газового давления в области корней грязевого вулкана, т.е. о притоке метана из основной залежи. Температура обжига таких пород, оцененная по минералогическим реперам, оказалась заурядной для данной группы пород и колебалась

Единственная в своем роде находка:
обжиг законсервировал вязкую массу
газирующего грифона.

На фото внизу – запеченные огнем грязевые такыры,
превращенные в метаморфические
ларнитовые породы.

Израиль, бассейн Хатрурим, 2005 г. Фото Э. Сокол



от 750 до 1000 °С.

Уже упомянутые «обожженные кольца», вероятнее всего, возникли в режиме факельного горения газа. Их появлению предшествовал взрывной выброс газа и пород, приведший к образованию кратерного вала. Микрзернистость роговиков и редкость очагов плавления указывает на то, что горение газа было непродолжительным. Плавленные породы – паралавы – формируют здесь лишь единичные линзы, а температура их образования не превышала 1220 °С.

Причины воспламенения газовых струй при извержении грязевых вулканов до сих пор не ясны. Анализ данных об извержениях грязевых вулканов Керченско-Таманской и Прикаспийской провинций позволяет выделить две наиболее часто повторяющиеся последовательности событий.

Сценарий I: подземный гул и колебания почвы – выход газов из трещин – взрыв – мощный газовый выброс – появление газового столба – локальное воспламенение газа в атмосфере (или взрыв в атмосфере, сопровождающийся воспламенением) – распростране-

ние (опускание) пламени на весь газовый столб.

Сценарий II: гул – взрыв – толчок – появление столба дыма – появление столба пламени.

С позиций физики горения и взрыва первый сценарий может быть проинтерпретирован следующим образом. Извержению всегда предшествует значительный рост газового давления в резервуарах, находящихся близ поверхности. Снятие напряжения происходит в результате взрыва и последующего извержения, начинающегося с выброса наиболее мощной газовой струи. В результате сквозь выброшенный в атмосферу газовый столб проходит ударная волна, на фронте которой происходит адиабатическое сжатие газа, сопровождающееся значительным разогревом, а в тылу возникает зона разряжения и охлаждения.

Возникновение такой волны в горючей смеси приводит к ее немедленному самовоспламенению даже в отсутствии посторонних источников зажигания (Кнорре, 1955). В более редких сценариях извержений детонирует уже горящий факел, причиной чего является увеличение поверхности фронта пламени и его



распространение на весь объем горючей смеси.

Пределы горючести газов, присутствующих в выбросах грязевых вулканов, в смеси с воздухом при 1 атм. и 0°C составляют: метан – 5.0–15.0%; водород – 4.0–74.2%; ацетилен – 2.5–80.0%; CO – 12.5–74.2%. Всякий предварительный прогрев смеси расширяет границы ее горючести (Кнорре, 1955). Поскольку газовые выбросы грязевых вулканов по существу являются метановыми, именно его смешение с воздухом и формирует самовоспламеняющиеся горючие смеси.

Во втором сценарии возгорание газового столба происходит с задержкой, длительность которой, вероятно, лимитируется скоростью образования горючей смеси. Наибольшая вероятность самовозгорания существует в той зоне газового столба, где к моменту прохождения фронта адиабатического сжатия и разогрева газа уже возникла метаново-воздушная смесь, разбавленная до пределов горючести. И наоборот, самопроизвольному воспламенению газового столба будут препятствовать малая мощность ударной волны, не обеспечивающая разогрева газа до температуры самовоспламенения, а

В основании древних грязевых вулканов лежат ни на что не похожие породы: по виду – труха, по крепости – бетон. *Израиль, Иудейские горы, окрестности крепости Гиркания, 2007 г. Фото А. Сокола*

также медленное образование горючей смеси, отстающее от движения фронта адиабатического сжатия.

Мифы и гипотезы

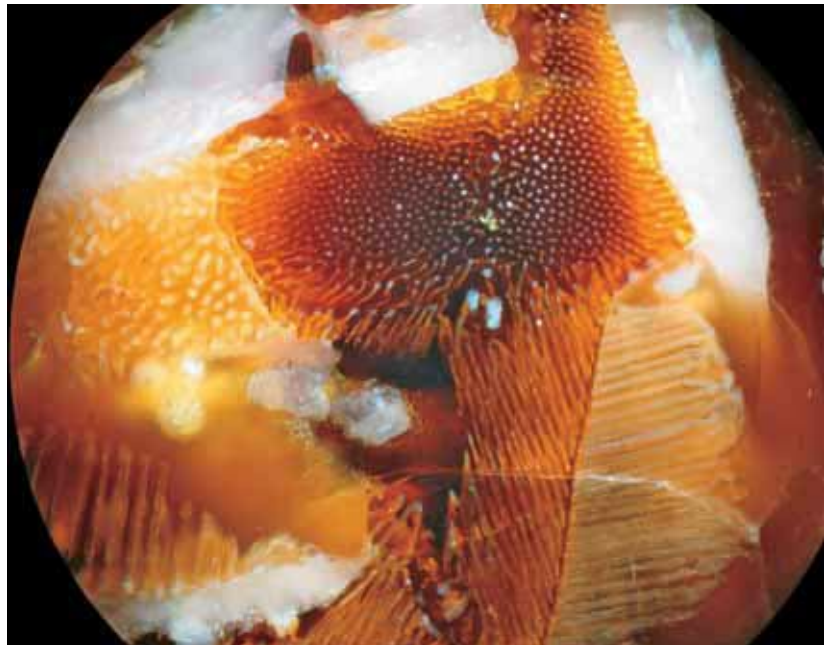
«Огненные» извержения во все времена потрясали очевидцев. Отблески «вечных огней» должны были сохраниться в древних текстах. Но узнаем ли мы их? Ведь устные предания, записанные много позднее, полны ярких, необъяснимых деталей, которым не было место в повседневном опыте летописца. Потомки назовут эти сообщения мифами. А очевидцы древних событий – что видели они?

Лучший знаток грязевого вулканизма акватории Черного моря Е. Ф. Шнюков и С. А. Ковалевский были солидарны во мнении, что именно о грязевых вулканах Тамани писал Гомер в «Одиссее», поместив здесь, «в



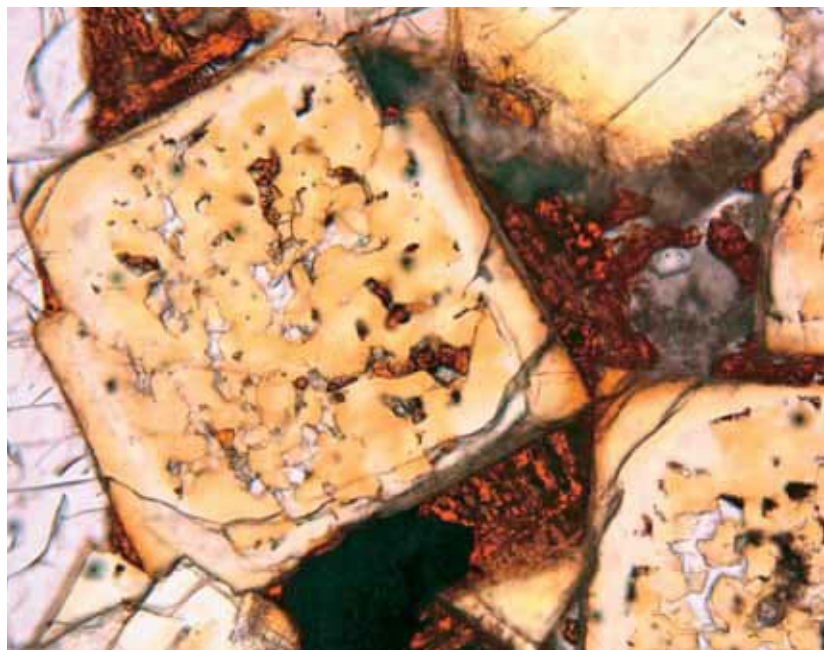
печальной оголенной местности», вход в царство Плутона. В основе этой убежденности – палеогеографические реконструкции, согласно которым «Арго» двигался по старому руслу Кубани, через Таманский залив и Ахтанизовский лиман. Именно в этом случае корабль должен был пройти сквозь цепь «огнедышащих» гор – мимо грязевых вулканов гор Горелой и Карабетовой, Цимбалы, Бориса и Глеба и Ахтанизовской сопки.

Немногочисленные абсолютные датировки пород формации Хатрурим, а также палеогеографические реконструкции (Sokol et al., 2010), указывают на то, что в окрестности Мертвого моря «огненные извержения» происходили регулярно в период от 3 млн до 100 тыс. лет назад. А что было позже?



Силикато-карбонатный протолит пирогенных пород формации Хатрурим при обжиге испытывал преобразования, идентичные тем, которые реализуются в процессах производства цементного клинкера. Фактически эти породы представляют собой природные аналоги портланд-цементов. Экстрааридный климат пустыни Негев и Иорданского плато обеспечил уникальные условия для их естественной консервации. В породах формации Хатрурим был обнаружен и целый ряд минералов-индикаторов метаморфизма сверхвысоких температур и низких давлений. Например, нагельшмидтит, образующий ажурный рисунок в титансодержащем гранате (фото вверху), и геленит, тетрагональные кристаллы которого наполнены включениями ларнита (фото внизу).

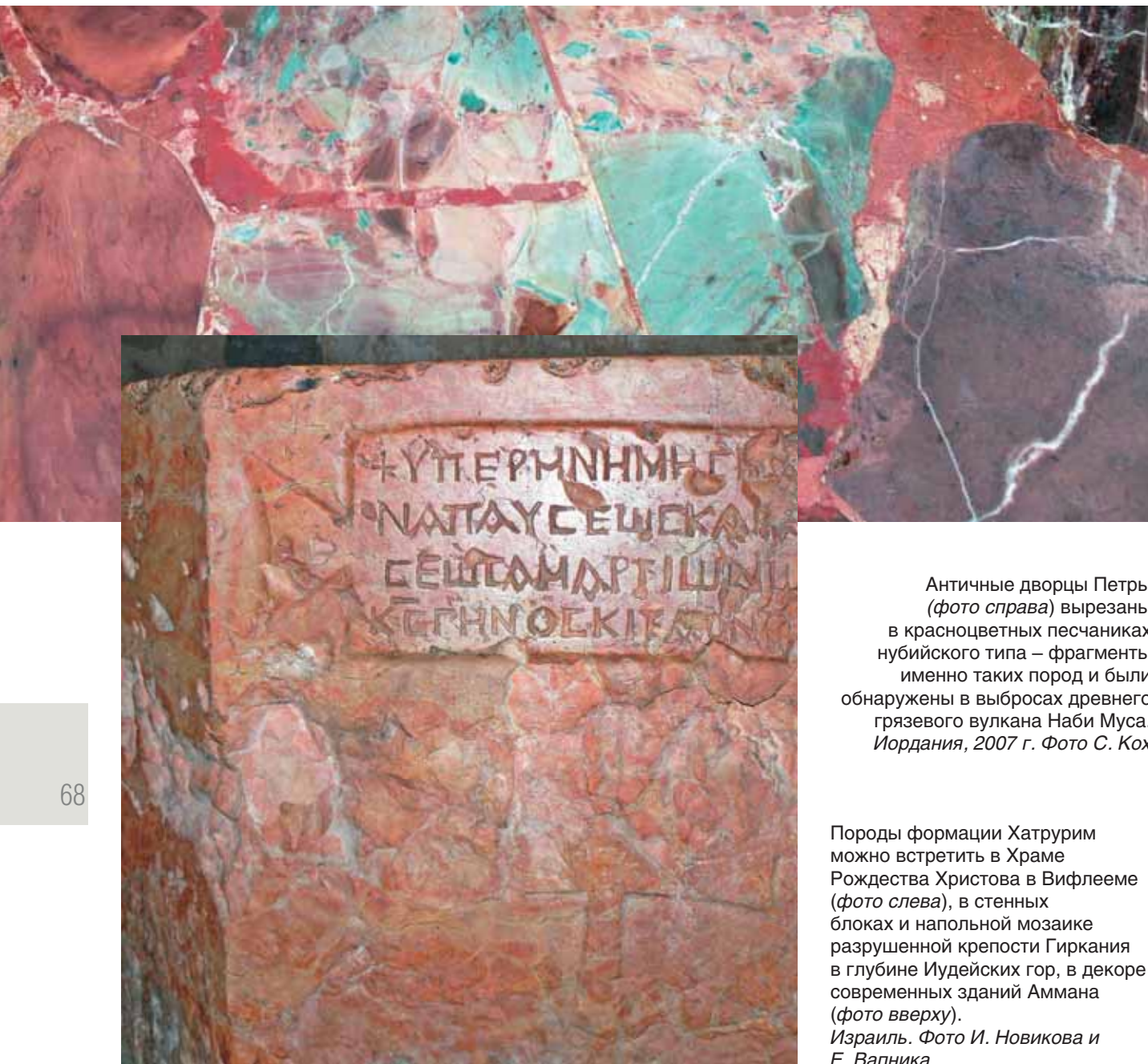
Световая микроскопия в поляризованном свете. Фото С. Кох



Израильский геолог Авнимелех (Avnimelech, 1964) первым попытался использовать здешнюю топонимику, чтобы прояснить природу и историю формации Хатрурим. Он обнаружил, что одна из его площадей – *Kefar Uriah* – находится по соседству с деревней *Amwas* (искаженное греческое *Emmaus*, означающее «горячий ключ, источник»). Позднее это название было преобразовано в *Hammat* на иврите. Хотя сегодня горячие ключи здесь уже не бьют и о них забыли, это название упоминается в Талмуде. Не означает ли это, что последние фазы

своей активности Левантийская провинция переживала уже на глазах греческих колонистов? И что в библейские времена она пребывала на той же стадии развития, на какой ныне находится Керченская провинция, где на фоне затухающей активности происходят отдельные мощные извержения?

И вот здесь возникает одна догадка – спорная и пока недоказуемая. Во всех версиях библейского мифа о Содоме и Гоморре повторяется одна удивительная деталь: «огонь падал с небес», почему этот пожар и был признан



Античные дворцы Петры (фото справа) вырезаны в красноцветных песчаниках нубийского типа – фрагменты именно таких пород и были обнаружены в выбросах древнего грязевого вулкана Наби Муса. Иордания, 2007 г. Фото С. Кох

Породы формации Хатрурим можно встретить в Храме Рождества Христова в Вифлееме (фото слева), в стенных блоках и напольной мозаике разрушенной крепости Гиркания в глубине Иудейских гор, в декоре современных зданий Аммана (фото сверху). Израиль. Фото И. Новикова и Е. Вапника



наказанием от Бога, а не просто результатом рядового набега соседей. Города были уничтожены целиком, поскольку их накрыло упавшее с неба пламя – такое сложно придумать, но можно увидеть своими глазами. Вспомним огненные извержения на Каспии – опаленные кусты, животные, птицы... Падает дебет газового фонтана, и пламя опускается на землю.

Погибшие города не найдены, но живы топонимы, и Сдомский соляной купол соседствует с бассейном Хатрурим. Конечно, есть и другие версии прочтения этой ветхозаветной притчи – каждый волен выбрать свою.

До сих пор речь шла об исторических временах. А если мы заглянем еще дальше – в палеолит? Работая в Израиле и Иордании, мы регулярно находили позднепалеолитические каменные артефакты (орудия, заготовки, отщепы) именно на эродированных грязевулканических постройках. Это удивляло, ведь коренные горизонты кремней распространены здесь повсеместно. И только после того, как в 2007 г. Е. Вапник и И. С. Но-

виков обнаружили на макушке древнего грязевого вулкана в бассейне Хатрурим первую мастерскую по производству кремневых орудий, целесообразность действий наших предков стала очевидна.

Вероятно, древнейшее население этих мест не тратило силы на дробление монолитов коренных пород, а использовало подходящие природные заготовки – кремневые гальки из выбросов грязевых вулканов. Дело в том, что в ходе извержения обломки пород проходят сортировку в «миксере» вулканического канала, где испытывают мощное механическое воздействие, и только наиболее прочные из них в виде окатанных глыб и галек достигают кратера.

Было ли это только местной особенностью, или палеолитическое население Евразии осваивало ландшафты и других грязевулканических провинций? Достоверных фактов пока немного. Так, С. А. Ковалевский (1940) обнаружил палеолитический скребок из кварцита в выбросах действующего грязевого вулкана Ахтармы-Пашалинский на Апшероне. Раннепалеолитические



Эти каменные орудия, изготовленные в палеолитической мастерской на антиклинали Гурим, пока не имеют аналогов в мире. Они сделаны из ларнитовых пород, возникших в периоды «огненных извержений» грязевых вулканов.
Израиль, бассейн Хатрурим, 2010 г. Фото Е. Вапника

огни» грязевых вулканов.

Нам остается добавить последнее звено в цепочку предположений. Огонь, вода (минерализованная), соли и каменное сырье – всем этим могли обеспечить популяции архантропов и Прикаспийские, и ряд Средиземноморских ареалов грязевого вулканизма. Те, кого эта мысль задела за живое, могут сами попробовать сопоставить схему расположения поясов грязевого вулканизма и предполагаемые пути расселения раннепалеолитического населения Евразии.

стоянки Таманского п-ва располагаются на склонах или по соседству с действующими грязевыми вулканами Богатыри, Тиздар (Синяя Балка) и Цимбалы. Артефакты здесь изготавливались из окремненных доломитов, присутствующих в вулканических выбросах (Ранний палеолит Евразии., 2008). Убейдийя, древнейший (1,4 млн. лет) палеолитический памятник Евразии, расположен в долине Иордана на продолжении рифтовой долины всего в 25 км к востоку от Макарина – одного из комплексов формации Хатрурим.

Чем еще, кроме каменного сырья, могли привлекать архантропов ландшафты грязевулканических провинции? Термальными источниками и лечебной грязью, но, вероятно, на первом месте все же были соли – обильные и разнообразные. Они же привлекали сюда и крупных травоядных животных.

Российский нефтехимик Э. Штебер, всю свою жизнь связанный с нефтепромыслами Баку и Северного Кавказа, в 1928 г. издал брошюру «Мысли химика о происхождении человека», где дал совершенно неожиданное определение: «Человек это животное в симбиозе с огнем». Идея книги потрясает своей очевидностью: прежде чем прийти к симбиозу с огнем, некоему примату должно было потребоваться эволюционно-значимое время для того, чтобы просто привыкнуть существовать по соседству с ним. Ведь, как любому животному, ему был присущ инстинктивный страх перед пламенем. И огонь в этом случае требовался особый – не обладающий характеристиками стихийного бедствия. Э. Штебер был уверен, что этому требованию отвечали только горящие газовые струи ограниченного дебета. Иными словами – стационарные источники пламени, те самые «вечные

Апрель 2007 г., последний маршрут. Едем по новой дороге Иерусалим– Иерихон. Дорога сечет очередную покатым холм, и перед нами среди слепящих белых, светло-лимонных и палевых осадков на высоту 30 м веером раскрывается огромная воронка – сургучные тона и хаос выброшенных из глубины глыб кремней и доломитов.

Проскакиваем мимо, поскольку в первые секунды просто каменеем. Слишком невероятна удача – перед нами полный разрез кратера древнего грязевого вулкана. Скорее всего, мы оказались первыми из специалистов, кому выпало воочию увидеть, как локализованы в теле вулкана очаги плавления осадков. Их многочисленные бескорневые жилы располагались на глубине от 7 до 25 м от поверхности и были приурочены к узким извилистым трещинам, по которым некогда поднимались струи раскаленного газа. Позднее идентификация минералов-ин-

дикаторов сверхвысоких температур и исследование расплавных включений позволило уверенно реконструировать температуру начала их образования в 1500 °C (Sokol et al., 2010). В естественных условиях такие параметры могли быть достижимы только в горящем газовом факеле.

Но и эти находки не исчерпали всех подарков древнего вулкана Наби Мусы. Среди выброшенных извержениями глыб были найдены фрагменты красноцветных песчаников, известных в Аравии и Северной Африке под именем «нубийских». (Все, кто видел фильмы о подвигах Индианы Джонса, имеют представление об этих породах – ведь именно в них были высечены

знаменитая Петра и другие набатийские города-храмы.) Эти легендарные породы обладают и весьма утилитарными функциями – являются одним из главных типов нефте-газовых коллекторов на Аравийском полуострове.

Все это дает основания для вывода, что хотя левантийские газовые резервуары, несомненно, уступали апшеронским, вместе с тем они длительно питали многочисленные грязевые вулканы этой обширной территории и, с высокой степенью вероятности, не истощены и сейчас. Хочется думать, что ревизия углеводородного потенциала этой провинции не за горами...

Литература

Кнорре Г. Ф. Что такое горение? М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. 223 с.

Ковалевский С. А. Грязевые вулканы южного Прикаспия (Азербайджана и Туркмении). Баку: Азгостоптехиздат, 1940. 200 с.

Холодов В. Н. О природе грязевых вулканов. Природа, №11. 2002. С. 47–58.

Шнюков Е. Ф., Шереметьев В. М., Маслаков Н. А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2005. 176 с.

Якубов А. А. Грязевые вулканы западной части Апшеронского полуострова и их связь с нефтеносностью. Баку: Изд-во АЗФАН, 1941. 102 с.

Якубов А. А., Али-Заде А. А., Рахманов Р. Р., Мамедов Ю. Г. Каталог зафиксированных извержений грязевых вулканов Азербайджана (за период 1810–1974 гг.). Баку. 1974. 33 с.

Материалы международной конференции «Ранний палеолит в Евразии: новые открытия», Краснодар-Темрюк, 1-6 сентября. 2008. 208 с.

Bentor, Y. K., Gross, S. & Heller, L. (1963). Some unusual minerals from the «Mottled Zone» complex, Israel. American Mineralogist, V. 48. P. 924–930.

Gross S. (1977). The mineralogy of the Hatrurim formation, Israel. Geological Survey of Israel, Bulletin no. 70. P. 80.

Kopf A. J. Significance of mud volcanism. Reviews of Geophysics. 2002. V. 40(2). P. 1005–1012.

Sokol E., Novikov I., Zateeva S., Vapnik Ye., Shagam R., Kozmenko O. Combustion metamorphism in Nabi Musa dome: new implications for a mud volcanic origin of the Mottled Zone, Dead Sea area. Basin Research, 2010, V. 22. P. 414–438.

Svensen H., Planke S., Polozov A. G., Schmidbauer N., Corfu F., Podladchikov Y. Y., Jamtveit B. Siberian gas venting and the end-Permian environmental crisis. Earth and Planetary Science Letters. 2009. V. 277. P. 490–500.

Авторы выражают глубокую благодарность своим друзьям, коллегам, оппонентам и собеседникам, делившим с ними полевой быт, разочарования и озарения: Е. Вапнику, И. Новикову, Л. Гилату, А. Соколу, В. Калугину

Исследование поддержано РФФИ (грант №09-05-00285) и грантом Президента РФ для государственной поддержки российских ученых — кандидатов наук (МК-6750.2010.5)





ОРУЖИЕ массового гусеничного поражения



МАРТЕМЬЯНОВ Вячеслав Викторович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории патологии насекомых Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 26 научных публикаций и 1 патента



БАХВАЛОВ Станислав Андреевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории патологии насекомых Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 60 научных публикаций



ИЛЬИНЫХ Александр Васильевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории патологии насекомых Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 78 научных публикаций

Слева – здоровая гусеница непарного шелкопряда, справа – пораженная вирусом ядерного полиэдроза. Все тело погибшего насекомого представляет собой «мешочек», набитый вирусными частицами. При малейшем касании покровы насекомого разрываются, и содержимое вместе с вирусом растекается по стволу дерева и листьям. При поедании таких листьев здоровые насекомые также могут инфицироваться – так в природе происходит горизонтальная передача вируса.
Фото В. Глупова, И. Дубовского и В. Мартемьянова
(ИСиЭЖ СО РАН, Новосибирск)



Между лесом и насекомыми-вредителями издавна идет нескончаемая и привычная война – война, в которой нет победителей и побежденных. Не так давно на сторону леса стал человек, вооруженный самым эффективным и безопасным оружием – биологическим, созданным с использованием естественных врагов насекомых

Ключевые слова: лесные насекомые-филлофаги, динамика популяций, управление численностью насекомых, вирусные биопрепараты, молекулярно-биологические механизмы популяционной динамики.

Key words: forest defoliators, population dynamics, pest management, viral biologicals, molecular-biological mechanisms of population dynamics

Лес – очень мобильная и чувствительная система, на состоянии которой отражаются различные внешние негативные воздействия: засухи и наводнения, пожары и массовые вырубki, вредители и болезни. Однако это еще и очень устойчивая система: если участок, где произрастал лес, не будет изменен слишком значительно, то он, словно птица феникс, обязательно возродится. При этом такие мощные воздействия, как пожары, иногда даже способствуют быстрому восстановлению леса – такие процессы постоянно происходят в природных экосистемах, не тронутых человеком.

По силе воздействия с пожарами могут сравниться лишь вспышки массового размножения лесных насекомых-вредителей. После массового объедания вегетативных зеленых частей деревьев лес нередко гибнет от болезней, нападения других вредителей и пожаров. Однако для лесных систем, существующих тысячелетия, даже такой урон не является смертельным: пройдет время, и на месте «пепелища» вновь зашумит листва. (Исключениями могут быть, например, реликтовые леса, существующие в исторически «чуждом» для них окружении, в частности сибирские ленточные сосновые боры.)

Но описанная выше картина резко меняется, когда на сцене появляется человек. Людям нужна древесина, парковая зона для отдыха, лес для городских прогулок... И лесной пожар или нашествие насекомых-вредите-

лей воспринимается нами как покушение на личную собственность.

Массовые виды насекомых-фитофагов и человечество находятся в конкурентных взаимоотношениях за кусок «лакомого пирога», каким является лес, и уступать здесь никто не намерен. И если насекомые в качестве аргумента в этой борьбе могут предоставить невероятные адаптивные способности и широкую экологическую пластичность, то человек этим похвастать

не может. Ему остается использовать свое основное оружие – интеллект.

Исследователи из институтов биологического профиля во всем мире изучают стратегии и закономерности поведения наших конкурентов, ищут их «слабое звено», на основе полученных сведений разрабатывают меры, которые позволяют бороться с нашими соперниками, пусть и с переменным успехом.



Этот красавец – половозрелый самец непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*). Лучшим диагностическим признаком при определении пола насекомого служит перистое строение антенн. У самок непарного шелкопряда антенны имеют гребенчатое строение, а тело значительно крупнее, чем у самцов. Фото В. Глупова

В России от пожаров ежегодно погибает около 300 тыс. га лесных массивов (Гниненко, Матусевич, 2001). Насекомые-вредители вносят свой «посильный вклад» в цифру общего ущерба, который составляет свыше 10% от площади сгоревших лесов. Причем иногда, например после жарких и сухих летних сезонов, в результате вспышек массового размножения вредителей-насекомых в России погибает до 100—150 тыс. га леса. Наиболее опасными лесными вредителями-филлофагами («пожирателями» листьев и хвои) являются сибир-

ский шелкопряд, непарный шелкопряд, шелкопряд-монашенка, а также рыжий сосновый пилильщик. Все эти насекомые периодически дают крупномасштабные вспышки массового размножения, иногда на площадях, исчисляемых миллионами гектаров. На территории России наибольшие по площади очаги среди дендрофильных насекомых образует непарный шелкопряд: ежегодно за последние 20 лет вспышками массового размножения этого вредителя было охвачено свыше 700 тыс. га лесных массивов



Слабое звено

Быстрому нарастанию численности насекомых-фитофагов может способствовать ряд факторов: погодные условия (высокие температуры, продолжительная засуха), доступность кормового ресурса, снижение численности естественных врагов и т.д. (Исаев и др., 2001).

Наличие в лесной экосистеме функционирующего очага массового размножения насекомых ведет к ее существенному изменению. Так, вследствие *дефолиации* (объедания) листьев деревьев увеличивается интенсивность освещенности и степень воздействия солнечной радиации на обитателей нижнего яруса, что приводит к целому ряду изменений в состоянии и составе остальных элементов лесной экосистемы.

Кроме того, резко увеличившаяся биомасса насекомых является прекрасной кормовой базой для хищников и паразитов. В результате

А вот так выглядят «дети» непарного шелкопряда – личинки старших возрастов. На фото внизу – результат их деятельности на подъеме численности популяции вредителя. Трудно поверить, но эта фотография сделана не в начале мая, а в конце июня. Фото И. Дубовского и В. Мартемьянова





через некоторое время в сообществе возрастает численность естественных врагов насекомых, которые, в конечном счете, снижают плотность насекомых-фитофагов.

К сожалению, процесс саморегуляции экосистем происходит не так быстро, как нам бы этого хотелось, и может сопровождаться гибелью части древостоя – неизбежным следствием естественного отбора. Более того, в местах искусственных лесопосадок, например в лесополосах, равновесие может смещаться в сторону насекомых, и доля погибших деревьев может резко возрастать.

Это явление связано с тем, что лесополосы обычно сажают в местах достаточно низкой естественной облесенности, где условия для деревьев далеки от оптимальных. Результат – угнетение деревьев и, как следствие, снижение их устойчивости к повреждающей деятельности насекомых. Кроме того, монокультура сама по себе зачастую является фактором, способствующим максимальной реализации биотического потенциала вредителей-фитофагов.

Сбор информации из природы для исследователей неизбежно сопряжен с продолжительными маршрутами. Как результат – они в совершенстве освоили многие виды транспорта: от гужевой повозки, что было не редкость в 1980-е, до современных высокопроходимых автомобилей. При этом очень часто ученым-энтомологам приходится работать не только головой. Например, при учете численности насекомых методом околота в основании дерева расстилают полог, площадь которого превышает проекцию кроны. По стволу дерева бьют колотом, а потом считают число упавших на полог насекомых. Этот метод и по сей день стоит на вооружении энтомологов и лесопатологов.

Фото А. Ильиных



Действие всех вышеперечисленных факторов может приводить к значительному усыханию древостоев. Тем не менее растения не являются организмами, совершенно беззащитными перед вредителями. В частности, сотрудники лаборатории патологии насекомых Института систематики и экологии животных СО РАН на модельной системе «береза повислая – непарный шелкопряд» продемонстрировали увеличение *энтومорезистентности* (сопротивляемости насекомым) дерева после экспериментального удаления его листьев.

Оказалось, что подобный, индуцированный повреждением ответ растений формируется достаточно быстро – в течение нескольких дней, и он может сохраняться более года.

Дерево в «боевой стойке»

Особенно удивителен тот факт, что дерево способно распознавать тип повреждений (механическое удаление листьев либо повреждение в результате питания насекомых) и формировать разный по силе ответ (во втором случае – более мощный) (Walling, 2000). Одним из механизмов повышения энтومорезистентности растений является увеличение в листьях содержания некоторых токсичных веществ.

Судя по результатам совместных исследований сотрудников ИСиЭЖ, Университета г. Турку (Финляндия), Центрального сибирского ботанического сада СО АН и Новосибирского института органической химии СО РАН, речь идет о целом ряде веществ фенольной и терпеновой природы (Бахвалов и др., 2009; Мартемьянов и др., 2010). При питании на таких растениях у насекомых происходит подавление детоксицирующей системы, деятельность которой направлена на снятие негативного влияния токсичных соединений на организм, а также увеличение активности свободно-радикальных процессов в кишечнике, оказывающих разрушительное воздействие на клетки и ткани (Мартемьянов и др., 2009). Все это приводит к образованию у насекомых мощного токсикоза, сопровождающегося потерей массы тела, снижением количества и жизнеспособности репродуктивного материала.

Любопытно, что изменения метаболизма растений, вызванные повреждениями, могут оказывать влияние не только на самих вредителей, но и на других членов сообщества. Так, летучие монотерпены, в высоких концентрациях выделяющиеся при повреждении листовой пластинки (Мартемьянов и др., 2010), могут служить химическим сигналом, привлекающим хищников и паразитов к местам питания насекомых-фитофагов (Turlings et al., 1991).

Однако эффективность подобной «самозащиты» растения во многом зависит от условий произрастания последнего, а насекомые-вредители к тому же способ-

ВОЙНА, КОТОРАЯ НЕ КОНЧАЕТСЯ

В лаборатории патологии насекомых новосибирского Института систематики и экологии животных СО РАН работы по изучению взаимоотношений между насекомыми и их инфекционными агентами вирусной, грибной и бактериальной природы были начаты еще в 1960-х гг. (тогда ИСиЭЖ именовался Биологическим институтом). Фундаментальные исследования известного сибирского вирусолога Н. Н. Воробьевой и ее учеников привели к разработке и созданию биологических препаратов на основе бакуловирусов, которые эффективно использовались для борьбы против массовых видов лесных насекомых-филлофагов.

Неоспоримым преимуществом таких препаратов является их высокая экологичность: энтومопатогенные вирусные препараты действуют исключительно на целевой объект и не вредят другим организмам, входящим в экосистему. Более того, внося вирус в популяции массовых видов насекомых, мы тем самым создаем некий резерват этого энтومопатогена внутри популяции самих фитофагов. Это происходит благодаря способности вируса длительное время сохраняться не только в организме хозяина, но и в окружающей среде (почве, стволах деревьев и т. п.) (Cory and Myers, 2003). В результате защитный эффект препарата может сохраняться на протяжении нескольких лет без дополнительных обработок.

Однако благодаря действию естественного отбора с каждым последующим поколением меняются возможности насекомых противостоять инфекционному агенту, что обуславливает необходимость дальнейшего исследования адаптационных способностей насекомых и механизмов функционирования их популяций в меняющихся условиях

ны быстро адаптироваться к изменениям в защитных реакциях своих жертв, в частности, за счет изменения состава ферментов. Поэтому лесные экосистемы, как правило, находятся в состоянии динамического равновесия. Однако влияние хозяйственной деятельности человека (вырубки, обработка химическими пестицидами, высаживание монокультуры и т. д.) нередко нарушает процессы стабилизации, что приводит уже к необратимым последствиям.

Вирусы в белковом коконе

Активную роль в саморегуляции лесной экосистемы играют естественные враги насекомых-фитофагов, в том числе паразитические микроорганизмы. Среди микроскопических «врагов» одни из наиболее распространенных – представители семейства бакуловирусов. В годы массовых вспышек размножения насекомых эти



Энтомопатогенные бакуловирусы имеют очень узкую специализацию по отношению к своему хозяину, поэтому препараты на их основе строго специфичны и безопасны для других организмов. *На фото – личинки насекомых-вредителей, погибшие на участках леса, обработанных биопрепаратами (слева – рыжий сосновый пилильщик, справа – непарный шелкопряд).* Фото С. Бахвалова, И. Дубовского и В. Мартемьянова

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ В ДЕЙСТВИИ

В Институте систематики и экологии животных СО РАН создан и успешно опробован ряд биопрепаратов против насекомых-вредителей на основе бакуловирусов:

Вирин-НШ – препарат против гусениц непарного шелкопряда, представляющий собой концентрированную суспензию из полиздров вируса (белковых образований с вирусными частицами). Препарат перорального действия, видоспецифичен, при этом вирус способен передаваться от родительского поколения паразита дочернему. Титр препарата – не менее 4×10^9 полиздров в 1 мл. Для увеличения сроков хранения и повышения устойчивости в природной среде используется добавка цеолита и других природных компонентов. С помощью препарата эффективно обработано 485 тыс. га.

Вирин-ПШМ – препарат против шелкопряда-монашенки. Титр препарата – не менее 4×10^9 полиздров в 1 мл. По видоспецифичности, биологической эффективности, экологической безопасности и способности к передаче между поколениями вредителя сходен с Вирин-НШ. Применялся при авиационной обработке сосновых насаждений, а также наземной – с помощью аэрозольных генераторов ГАРД-1 и ДАГ-3. Расход препарата при авиа-

ционной обработке составлял 100 мл/га, при аэрозольной – 30 мл/га. Средняя биологическая эффективность составляла 72%.

Вирин-Диприон – препарат против личинок рыжего соснового пилильщика на основе изолята вируса ядерного полиэдроза, выделенного из погибших личинок насекомого в сосновых насаждениях Томской области. Препарат высокоспецифичен и не действует на близкородственные виды насекомых, включая другие виды пилильщиков, пчел, шмелей и др. Титр препарата – 4×10^9 полиздров в 1 мл. Применяется для защиты сосновых и кедровых насаждений; расход на 1 га – 0,05 л. С помощью препарата уже обработано 270 тыс. га.

Вирин-ГСШ – препарат против гусениц сибирского шелкопряда на основе вируса гранулеза, выделенного из гусениц, погибших в очаге массового размножения в Туве. Препарат высокоспецифичен и не действует на другие виды насекомых и позвоночных животных. Титр препарата – 5×10^9 полиздров в 1 мл. Используется для защиты пихтовых, лиственничных и кедровых насаждений. Способ внесения препарата схож с вышеперечисленными, расход препарата на 1 га – 0,3 л

вирусы могут вызывать обширные эпизоотии, приводя к гибели свыше трети от общей численности популяции вредителей.

Уникальность бакуловирусов в том, что они образуют особые белковые «тела» – матриксы в виде полиэдров и гранул, которые защищают вирусную ДНК от воздействия неблагоприятных факторов среды. Эти необычные белковые оболочки, в которых содержится несколько вирионов – зрелых вирусных частиц, настолько огромны, что видны в световом микроскопе. (Последнее является большой редкостью для вирусов – организмов, увидеть которые можно лишь с помощью электронной микроскопии.) Такая особенность бакуловирусов значительно облегчает их обнаружение и количественную оценку в организме хозяина.

Известно, что при попадании в пищеварительный тракт насекомого белковая оболочка вируса растворяется под действием щелочной среды кишечника и протеолитических ферментов. Освободившиеся вирионы проникают в клетки кишечника, где и начинают размножаться (Бахвалов, 2001).

У бакуловирусов некоторых видов перепончатокрылых, например рыжего соснового пилильщика, полный цикл размножения вируса начинается и заканчивается в кишечнике. У большинства же других вирусов размножение происходит в два этапа. Сначала в кишечнике образуются вирионы, не включенные в защитную белковую оболочку, которые с током гемолимфы («крови» насекомых) распространяются по всему телу. Размножение продолжается в различных органах и тканях хозяина с последующим заключением вирионов в белковые матриксы. В конце этапа размножения

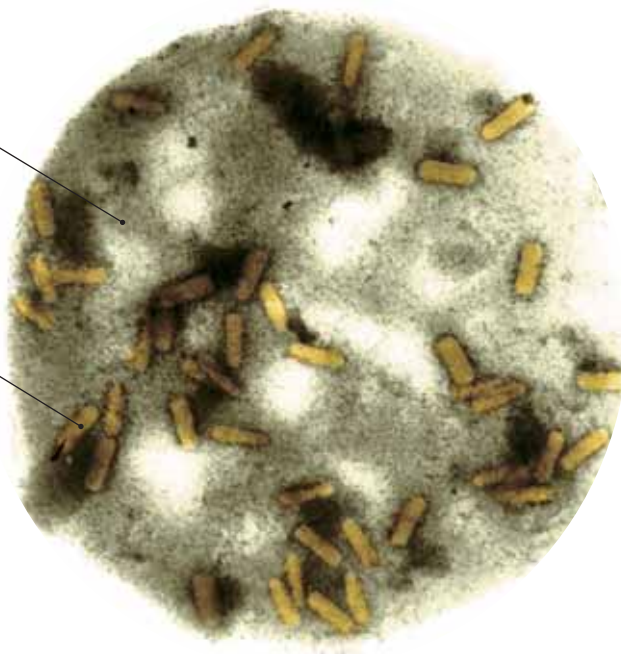
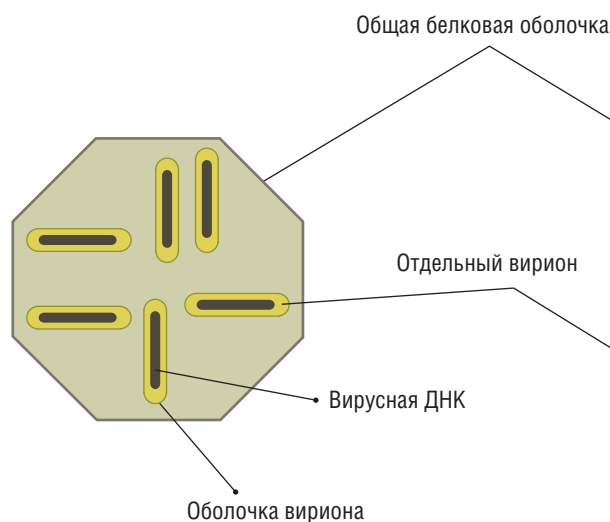
вируса тело насекомого представляет собой просто «мешочек» из покровной кутикулы, заполненной суспензией вирусных частиц, упакованных в белковые матриксы.

Сибирские исследователи из лаборатории патологии насекомых ИСиЭЖ СО РАН впервые показали, что заражение насекомых может происходить не только через пищеварительный тракт, но и через дыхательную систему (Бахвалов и др., 1991). При этом речь идет о вирионах, не заключенных в белковые матриксы. Этот результат означает, во-первых, что вирионы могут распространяться по телу хозяина не только с током гемолимфы, но и по системе трахей и трахеол. Во-вторых, что здоровые насекомые могут заражаться от больных при непосредственных контактах, частота которых в очаге массового размножения может быть очень высока.

За генетической подноготной

Еще одна интересная и полезная для человека особенность бакуловирусов – их способность сохраняться в организме внешне здорового насекомого в скрытом состоянии. При этом число инфицированных особей

Бакуловирусы могут образовывать особые защитные образования – белковые капсулы, содержащие несколько вирионов (зрелых вирусных частиц).
На фото справа – вирус ядерного полиэдроза непарного шелкопряда в белковой оболочке. Электронная просвечивающая микроскопия. Фото С. Бахвалова





*В качестве контроля использовались насекомые из естественной популяции, где всегда присутствуют особи – скрытые вирусоносители

может достигать половины от численности популяции (Бахвалов и др., 2002). Более того, в таком состоянии вирус способен передаваться от материнского поколения дочернему (Pyinykh et al., 2004; Ильиных, 2007).

Однако до конца еще не понятно, каким образом вирус способен так долго сохраняться в организме хозяина, не выдавая себя проявлением симптомов болезни. Имеет ли здесь место интеграция геномов вируса и хозяина, т.е. встраивание вирусной ДНК в наследственный материал хозяина, или вирусная ДНК в этих случаях практически «не работает» и реплицируется на очень низком уровне? И если вирус встраивается в геном хозяина, то как происходит восстановление способности вируса к активному размножению?

Некоторые ответы на эти вопросы исследователям из ИСиЭЖ СО РАН удалось получить с использованием современных молекулярно-биологических методов на модели «вирус ядерного полиэдроза–непарный шелкопряд» в совместном исследовании с сотрудниками новосибирского Института молекулярной биологии и фундаментальной медицины СО РАН. Например, было обнаружено, что вирус способен передаваться от поколения к поколению не только через поверхность яйца при прохождении его через половые пути самки, но и через само его внутреннее содержимое (Ильиных, Ульянова, 2005; Бахвалов и др., 2009б).

Энтомопатогенные бакуловирусы могут передаваться от поколения к поколению разными путями. Дочернее поколение может инфицироваться через оболочку яйца при прохождении его по инфицированным половым путям самки, а также непосредственно через внутреннее содержимое яйца. Это было доказано в экспериментах по экспериментальному заражению насекомых вирусом и последующей стерилизации поверхности яиц. По: (Ильиных, 2007)

Данный факт является аргументом в пользу предположения об интеграции геномов хозяина и паразита, однако окончательно решить этот вопрос можно лишь проведением «на молекулярном уровне» дополнительных экологических исследований. Шагом в этом направлении должно стать полное секвенирование генома вируса ядерного полиэдроза непарного шелкопряда. В настоящее время в базе данных NCBI (*Genbank*) имеются лишь расшифровки полногеномных последовательностей ДНК американских изолятов вируса, которые были выделены из непарного шелкопряда, завезенного на североамериканский континент около 150 лет назад.

Молекулярно-генетическая информация относительно бакуловирусов, выделенных из азиатских популяций

Один из способов внесения биопрепаратов – опрыскивание яйцекладок. При выходе из яйца насекомое прогрызает его оболочку, неизбежно заражается и спустя 1—2 недели гибнет. Такой способ обработки очень экономичен, однако менее производителен по сравнению с моторизованными аэрозольными обработками. Поэтому его целесообразно использовать только в небольших локализованных очагах размножения насекомых.
 Фото А. Ильиных

непарного шелкопряда, отсутствует. Полногеномное секвенирование ДНК азиатских изолятов вируса и сравнение полученных нуклеотидных последовательностей с информацией из базы данных позволит определить консервативные и вариабельные участки вирусной ДНК. Результаты такого анализа должны облегчить поиск фрагментов ДНК вируса в геноме хозяина.

Первые молекулярно-генетические исследования дали неожиданные результаты. Оказалось, что западно-сибирские изоляты вируса характеризуются низкой вариабельностью гена полиэдрина, который кодирует синтез структурного белка вирусного матрикса (Бахвалов и др., 2010). При этом на фоне высокой консервативности этого гена вирусные изоляты отличаются значительной изменчивостью по своей биологической активности.

Существует точка зрения, хотя и спорная, что азиатская раса непарного шелкопряда в целом более «агрессивна» по сравнению с европейской. Дальнейшие работы по выявлению взаимосвязи между генотипическим и фенотипическим полиморфизмами азиатских изолятов энтомопатогенных вирусов могут, в том числе, привести и к выявлению тех генетических особенностей, которые дают азиатской «расе» преимущество перед европейской.

Несмотря на вмешательство человека в извечное противоборство между лесом и его вредителями, последние не сдают своих позиций. Чтобы добиться эффективного контроля за численностью массовых видов, ученым необходимо не только продолжать исследование естественных процессов в популяции вредителей леса, но и использовать новаторские подходы и новые технологии для искусственного управления ими.

Среди таких современных наукоемких технологий – создание генных конструкций вирусной ДНК, что позволит увеличить биологическую эффективность вируса. И сибирские ученые уже сделали первые шаги в этом многообещающем направлении.



Литература

Бахвалов С.А., Бахвалова В.Н., Чернявская О.А. Инфицирование насекомых бакуловirusами через трахейную систему: первые доказательства // Сибирский биологический журнал. 1991. № 4. С. 41—43.

Бахвалов С.А. Вироzy насекомых / Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. М.: Круглый дом, 2001. С. 20—75.

Ильиных А.В., Ульянова Е.Г. Латентность бакуловirusов // Изв. РАН. Сер. биологическая. 2005. № 5. С. 599—606.

Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В. и др. Популяционная динамика лесных насекомых. М.: Наука, 2001. 374 с.

Мартемьянов В.В., Бахвалов С.А., Рантала М. Дж. и др. Реакция гусениц непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L., инфицированных вирусом ядерного полиэдроза, на индуцированную резистентность березы *Betula pendula* Roth. // Экология. 2009. № 6. С. 459—464.

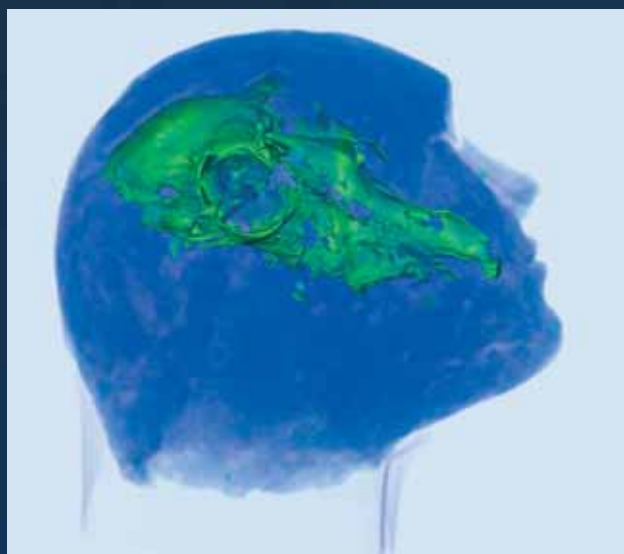
Мартемьянов В.В., Домрачев Д.В., Павлушин С.В. и др. Индукция синтеза терпеноидов в листьях березы повислой после ее дефолиации гусеницами непарного шелкопряда // Докл. РАН. 2010. Т. 435. С. 278—281.

Cory J.S. and Myers J.H. The ecology and evolution of insect baculoviruses // Ann. Rev. Ecol., Evolution and Systematics. 2003. Vol. 34. P. 239—272.

Ilyinykh A. V., Shternshis M. V, Kuzminov S. V Exploration into a mechanism of transgenerational transmission of nucleopolyhedrovirus in *Lymantria dispar* L. in Western Siberia. BioControl. 2004. Vol. 49. P. 441—454.

Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 07-04-00776; № 07-04-00870; № 09-04-00767; № 08-04-91116-АФГИР)

Н. В. ПОЛОСЬМАК

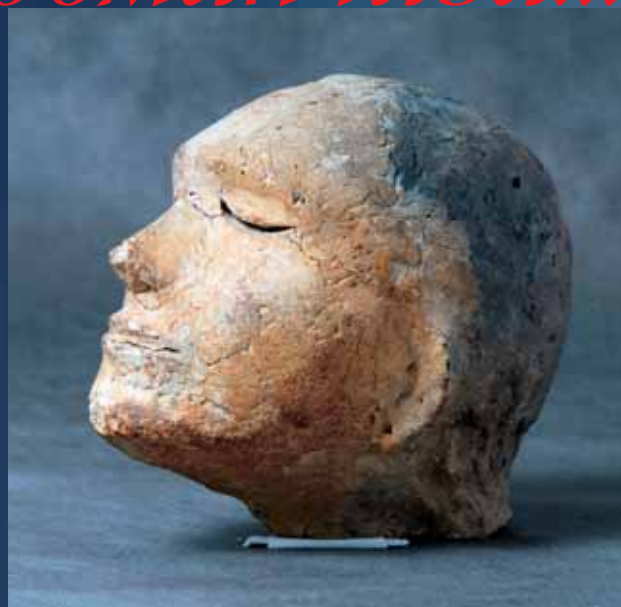


В музее новосибирского Института археологии и этнографии СО РАН хранится скульптурное изображение мужчины из древнего погребения — глиняная голова, внутри которой находится череп овцы. Обнаружить это удалось с помощью метода рентгеновской вычислительной томографии. Рентгеновский снимок уникального экспоната был сделан на малодозной цифровой рентгеновской установке в Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск)

Внешность обманчива...

История этой замечательной находки началась в 1968 г. Скульптурная голова человека была обнаружена в Шестаковском могильнике, расположенном на правом берегу р. Кия неподалеку от с. Шестаково (Кемеровская область). Могильник, относящийся к *тесинскому этапу тагарской культуры*, состоит из десяти земляных курганов, которые были исследованы профессором Кемеровского государственного университета А. И. Мартыновым.

В кургане, где была сделана находка, внутри могильной ямы находился сруб в четыре венца. На дне сруба большими скоплениями лежали обуглившиеся



ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна — доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск).
Лауреат Государственной премии РФ (2004). Автор и соавтор более 130 научных работ, в том числе 12 монографий

Ключевые слова: тагарская культура, тесинские погребения, глиняные головы, мифология, рентгеновская томография.

Key words: Tagarsk culture, Tesinsk burials, clay heads, mythology, X-ray tomography



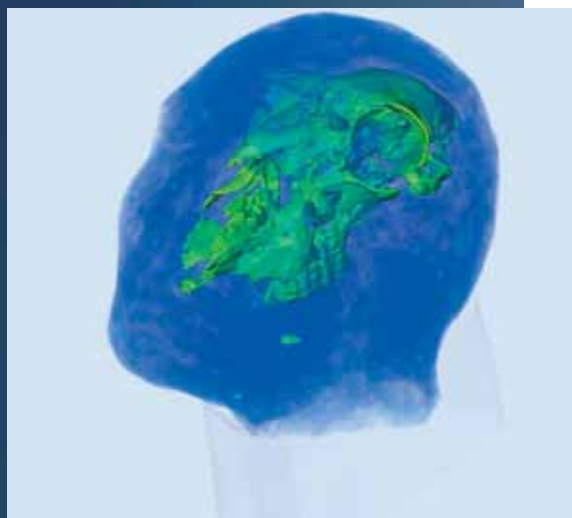
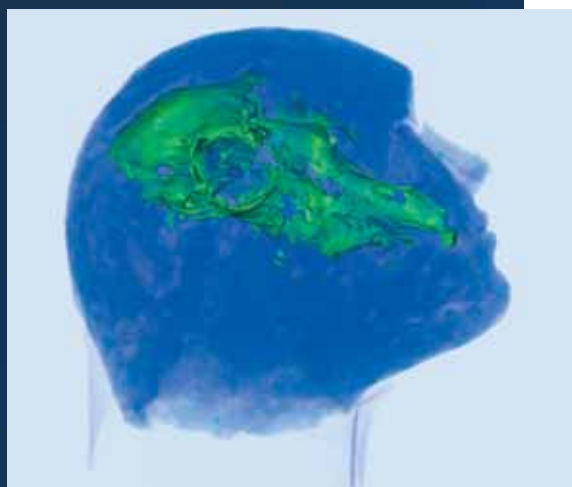
Фото М. Власенко

и превратившиеся в мелкие кусочки кости. По предположению исследователей, здесь были захоронены 13–15 человек. У стенки сруба, в слое пережженной докрасна сыпучей глины и находилась глиняная голова, бывшая, очевидно, частью погребальной куклы, от которой при сожжении склепа ничего не сохранилось (Мартынов, 1974).

Уже в первых публикациях этой находки было отмечено, что «внутри головы, как показал рентгеновский снимок, сохранились кости черепа и имеется небольшое

полое пространство, которое, однако, не соответствует внутреннему объему человеческого черепа, а гораздо меньше его» (Мартынов и др., 1971, с. 168). Однако о принадлежности черепа овце никаких указаний не было, а глиняные скульптурные головы из тесинских погребений, как было хорошо известно, лепились на человеческих черепах.

Более того, известный антрополог В. П. Алексеев, исследовавший находку, отметил ярко выраженный европеоидный тип глиняного мужского лица и сделал



ИЗУЧАТЬ, НЕ РАЗРУШАЯ

Вычислительная рентгеновская томография (ВРТ) – инструмент для проведения неразрушающего исследования внутренних параметров объекта. Набор проекций поглощения рентгеновского излучения, полученный в процессе вращения образца, позволяет восстановить распределение его плотности как функцию от трех координат.

ВРТ развивается, прежде всего, как метод решения задач в области дефектоскопии. Кроме того, этот метод получения информации является плодотворным, а подчас и единственным путем инструментального исследования уникальных археологических объектов.

Для исследования крупногабаритных археологических предметов томограф был смонтирован на базе малодозной цифровой рентгеновской установки «Сибирь», разработанной в Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск).

В качестве источника излучения используется рентгеновский аппарат с вращающимся вольфрамовым анодом. Детектор представляет собой ионизационную камеру с 2048 независимыми приемниками рентгеновских квантов, каждый – шириной 0,2 мм. В ходе одного сканирования необходимо получить до 360 проекций изучаемого объекта, что требует около четырех часов работы установки.

Томограф позволяет исследовать образцы с геометрическими размерами до 300×300 мм² в поперечном сечении, с пространственным разрешением 400 мкм.

Глиняная скульптурная голова человека из тагарского погребения стала первой археологической находкой, исследованной на установке. Оказалось, что в качестве основы скульптуры использовался череп барана, что хорошо видно на изображениях разных проекций объекта. Кроме того, при детальном рассмотрении томографических срезов можно проследить даже последовательность лепки головы.

Для исследования предметов с относительно небольшими габаритами (до 40×40 мм² в поперечном сечении) обычно используется установка на базе станции синхротронного излучения «Томография и микроскопия» (ускоритель ВЭПП-3) ИЯФ СО РАН. Синхротронное излучение обладает наибольшей яркостью в рентгеновском диапазоне, и его источник дает поток рентгеновских фотонов, который по интенсивности на 5 порядков выше, чем поток от обычных рентгеновских аппаратов. В результате удается получить качественные изображения проекций изучаемого объекта с более высоким пространственным разрешением и за меньшее время.

К. Э. Купер (Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск)

Рентгеновские снимки глиняной головы из музея ИАЭТ СО РАН сделаны на установке МЦРУ «Сибирь». Фото Е. А. Бабичева и В. В. Поросева (ИЯФ СО РАН, Новосибирск)

вывод, что «при ее изготовлении фантазии мастера, обычно затрудняющей антропологическую интерпретацию портретных изображений, был положен предел, так как, очевидно, портрет выполнен по черепу» (как выяснилось, он оказался прав только в последнем утверждении).

Что под глиной?

Внутри глиняных голов тесинских мумий всегда находились человеческие черепа. Однако, как доказали антропологи, они абсолютно не соответствовали чертам лица вылепленных изображений. Эти глиняные скульптуры не являлись портретами. Портретное сходство и само лицо, как таковое, не интересовали соплеменников, проводивших погребальные церемонии.

Дело в том, что глиняные портреты являлись идентификаторами конкретных людей лишь благодаря тому обстоятельству, что на них имелась особая раскраска, которая, вероятно, при жизни наносилась на лицо. Именно раскраска лица была своеобразным «паспортом», по которому можно было установить принадлежность человека к определенной семье, роду и племени.

Свидетельством этого обычая служат и многочисленные мумии, сохранившиеся в песках Тарима (Синьцзян, КНР). Например, раскраска на лицах мужчин и женщин из могильников Черчен, Субаши очень похожа на ту, что можно увидеть на глиняных масках из тагарских и таштыкских склепов Минусинской котловины.

Таким образом, тот факт, что черты лица глиняной головы не соответствуют спрятанному в ней черепу, обычен для той эпохи и культуры. Но вот то, что этот череп оказался черепом животного...

Баран как символ

О чем же говорит нам череп овцы, укрытый под глиняными покровами, изображающими лицо человека? Что это — случайность? А может быть, именно животное было главным действующим лицом давней истории?

Для такого вывода у нас есть все основания. Баран (овца) — один из наиболее почитаемых животных древности. Первоначально именно в виде барана (позднее — в виде человека с головой барана) изображался древнейший египетский бог Хнум.

Хнум лепил из глины богов и людей. В одном из обращений к богу были такие слова: «Ты создал людей на гончарном круге. Ты создал богов. Мелкий и крупный рогатый скот. Ты придаешь форму всему на

своем круге ежедневно...» (Беляев, 1998, с. 24).

Считалось, что Хнум может влиять на человеческую судьбу. Он был создателем не только человека, но и его духовного двойника — Ка.

Позднее с Хнумом стали отождествлять Амона — бога Солнца, священным животным которого был баран. Сам Амон также нередко изображался в виде барана или с головой барана. С Амоном было связано и обожествление фараона, почитавшегося как сына бога во плоти.

Когда Александр Македонский получил титул фараона, жрецы оазиса Сива, где с VII в. до н.э. процветал культ солнечного бога, признали его божественное происхождение от Амона. Отсюда — шлем с бараньими рогами на голове великого





ТАГАРСКИЕ УСЫПАЛЬНИЦЫ

Тагарская культура (VII—III вв. до н. э.) — одна из наиболее изученных культур восточной части скифского мира — стала широко известна благодаря раскопкам более тысячи курганов и случайным находкам бронзовых изделий, возраст которых насчитывает более 6 тыс. лет. Описания первых тагарских бронз, происходящих из грабительских раскопок, были даны еще известным ученым и исследователем Сибири Г. Ф. Миллером в его «Истории Сибири» (1760 г.).

Тагарцы вели комплексное скотоводческо-земледельческое хозяйство. По физическому типу были европеоидами, сходными со скифами Причерноморья.

Тагарская культура была распространена в Минусинской котловине и в восточной части Кемеровской области; особый район бытования тагарской культуры — участок лесостепи вдоль Енисея близ Красноярска. Культура получила свое название по курганам близ о. Тагарский на Енисее и оз. Тагарское к югу от Минусинска, раскопанным во второй половине XIX в. А. В. Андриановым. Раннетагарские курганы представляют собой невысокие земляные насыпи с вертикально врытыми камнями. На курганах — ограды из массивных каменных плит, внутри них располагаются от одной до шести могил, в которых похоронено 1—2 человека.

С V в. до н. э. погребальный обряд меняется. Увеличиваются размеры насыпей курганов (до 40 м и более в диаметре). Чаще всего под насыпью располагается одна большая могильная яма, рассчитанная на коллективные погребения: известна могила, где было

захоронено сто человек. Появляются огромные царские курганы. Самый известный — Салбык, расположенный в 60 км от Абакана, — достигал в высоту 30 м.

Тесинский этап стал завершающей стадией тагарской культуры и переходом к последующей таштыкской эпохе (II—I вв. до н. э.) Эта стадия получила название по первому памятнику — Большому Тесинскому кургану, исследованному в 1889 г. финской экспедицией И. Р. Аспелина.

Для тесинского периода характерны огромные одиночные курганы с земляными насыпями и массивными каменными стенами в их основании, а также грунтовые могильники, состоящие из многих отдельных могил (8—100 и более). Предполагают, что тесинские склепы были родовыми или фамильными усыпальницам, и в них погребалось от 16 до 200 человек.

Именно в тесинских склепах впервые были найдены обмазанные глиной трепанированные черепа погребенных. В результате получалась глиняная голова, на лицевую часть которой наносился узор красной краской, изображающий, по мнению некоторых исследователей, татуировку либо раскраску.

Тело умерших освобождали от мягких тканей, кости скрепляли при помощи прутьев, обматывали жгутами травы и обшивали толстой кожей, таким образом получалась погребальная кукла.

Склепы в большинстве случаев предавались огню. Истоки распространения обычая сожжения погребальной камеры и его причины неизвестны.



Так выглядели покрытые глиной черепа в тесинском склепе. *Погребение в кургане Новые Мочаги (Минусинская котловина), 1983 г. Фото и раскопки Н. Ю. Кузьмина*

♦ Глиняная голова из Шестаковского могильника. Кемеровская обл. *Раскопки А. И. Мартынова. Фото М. Власенко*

баран. Жертвенному барану завязывали голову белой материей, на которой рисовали глаза так, чтобы было похоже на человеческое лицо. Барана сбрасывали в дымовое отверстие крыши и затем резали.

У припамирских таджиков даже есть сказка, где рассказывается, как при совершении ложного захоронения человека в могилу помещали труп овцы.

Замена человека

Но вернемся к описываемой находке. Итак, в погребальном склепе тагарской культуры вместе с людьми была похоронена овца, которой придали человечес-

полководца, в котором он изображался на монетах того времени.

С другой стороны, баран был не последним «лицом» и в традиционных верованиях других народов. Так, в ираноязычной скифо-сарматской среде существовал культ фарна – особого божества, воплощающего славу, величие, могущество, счастливую судьбу, удачу, богатство, власть. Его зооморфный облик, его символ – большой и сильный баран.

Символ фарна в виде барана нашел широкое распространение в сасанидском Иране, начиная с Шапура II, правившего в 309–379 гг. Сам царь носил золоченый шлем в виде бараньей головы. Именно в таком шлеме, олицетворяющем царский фарт, изображен на серебряном блюде конца IV – начала V вв. и царевич Варахран.

Подобные представления о божественной сути барана сохранились у ряда среднеазиатских народов. Баран использовался при проведении всех жизненно важных обрядов как животное, обладающее фартом, и как двойник человека.

Так, у памирских таджиков отмечен обычай придания барану человеческих черт. Животному, которое приносили в жертву при новоселье, сурьмой подводили глаза, ресницы, брови. На носу от бровей до верхней губы проводили черту, придавая морде барана сходство с лицом человека, а голову подвязывали чалмой из белой ткани. В таком обличье баран олицетворял человека при совершении обряда.

Схожий обычай существует и у язгулемцев: на одном из традиционных праздников разыгрывается сцена принесения в жертву человека, которого заменяет



Древнеегипетский бог Хнум – творец богов, людей и всего сущего – изображался в виде барана или существа с головой барана и телом человека. *Прорисовка по: (Беляев, 1998)*



На серебряной тетрадрахме (288—282 гг. до н. э.) изображен Александр Македонский в образе египетского бога солнца Амона.
Прорисовка по: (Pandermalis, 1997)

На серебряном сасанидском блюде конца IV – начала V вв. изображен царевич Варахран во время охоты на газелей. Он, согласно традиции, в парадном одеянии и в шлеме, который венчают бараньи рога – символ царской власти и могущества.
Прорисовка по: (Сасанидское серебро. Собрание государственного Эрмитажа, 1987)



Образ барана – неотделимый элемент кочевой культуры монголов. Еще знаменитый путешественник Н. М. Пржевальский писал, что монгол может легко отыскать своего заблудившегося барана в тысячном стаде другого владельца.
У монгольских женщин издавна бытовала прическа, напоминающая рога горного барана, а в орнаменте до сих пор популярен мотив «бараньи рога».
Прорисовка по: (Пржевальский, 2009)

Прорисовки выполнены Е. Шумаковой
(ИАЭТ СО РАН, Новосибирск)

кий облик. Случай, который мы рассматриваем, пока единичный, и любые объяснения этому феномену, безусловно, будут содержать в себе, наряду с элементами исключительности, элементы случайности.

Возможно, что таким необычным образом тесинцы похоронили мужчину, труп которого не нашли (мужчина пропал в тайге, утонул, сгинул на чужбине и т. п.). Человека заменило животное – его двойник, в котором воплотилась его душа. Только так, вероятно, можно было обеспечить посмертное существование того, кто не вернулся.

Археологи знают немало подобных захоронений, называемых *кенотафами*, в которых отсутствуют ос-

танки человека, но где иногда может находиться его символический заместитель. В качестве последнего могло использоваться и животное.

Еще одно предположение, почему в данном случае было совершено ложное захоронение. Вместо живого человека, смерть которого по каким-то причинам была инсценирована, было похоронено жертвенное животное — овца, принявшая облик человека. Возможно, после этих мнимых похорон человек начинал жизнь заново, в новом статусе.

Этот древний глиняный портрет человека, загадку которого мы пытались разгадать, вполне вписывается в рамки минувшей эпохи и культуры и не представляется сегодня чем-то из ряда вон выходящим.

Современного человека скорее могут поразить его снимки, полученные с помощью современных технологий — они фантастичны, иррациональны... В этом неожиданном образе присутствует парадоксальное сочетание форм, совмещение несовместимого.

Сам того не подозревая, древний скульптор создал сюрреалистическое произведение, красота и потаенный смысл которого открылись только теперь, две тысячи лет спустя.

Что же говорит нам сегодня это загадочно улыбающееся удивительное лицо, скрывающее животную сущность? Может быть, что внешность обманчива и что далеко не все в нас — только человеческое...

«Не человеческою речью
Гудят пустынные ветра,
И не усталость человеческую
Нам возвещают вечера...
Нет, в этих медленных, инертных
Преображеньях естества —
Залог бессмертия для смертных,
Первоначальные слова».

Н. Гумилев

Литература

Алексеев В. П. Антропологическая характеристика скульптурного портрета из Шестаковского могильника // СА. 1974. № 4. С. 242—244.

Беляев Ю. Зверобог древности. Мифологическая энциклопедия. Москва: Книга и бизнес, 1998.

Кузьмин Н. Ю., Варламов О. Б. Особенности погребального обряда племен Минусинской котловины на рубеже эры: опыт реконструкции // Методические проблемы археологии Сибири. Новосибирск, 1988.

Литвинский Б. А. Семантика древних верований и обрядов памирцев (1) // Средняя Азия и ее соседи в древности и средневековье. М.: Наука, 1981. С. 90—122.



В древнем Китае баран ассоциировался с мужским началом, а также с идеей внешней красоты и внутреннего совершенства человека (Кравцова, 2004). На фото — танская погребальная скульптура, изображающая существо с головой барана и телом человека (618—906 гг.). Музей Института археологии Китая (Пекин). Фото автора

Мартынов А. И. Скульптурный портрет человека из Шестаковского могильника // СА. 1974. № 4. С. 231—242.

Мухиддинов И. Обычаи и обряды памирских таджиков, связанные с жилищем. Конец XIX — начало XX в. (Материалы к Историко-этнографическому атласу народов Средней Азии и Казахстана) // СЭ. 1982. № 2. С. 76—83.

Моногарова Л. Ф. Материалы по этнографии язгулемцев // Среднеазиатский этнографический сборник, ТИЭ. Новая серия. Т. XLVII. М.: АН СССР, 1959.

Пшеницына М. Н. Тесинский этап // Степная полоса Азиатской части СССР в скифо-сарматское время. М.: Наука, 1992.



ОТКРЫТИЕ СИБИРИ

Эхо шаманских БУБНОВ



Шаманизм — одна из наиболее древних религиозных систем человечества. В ее основе лежит вера в существование духов и возможности человека вступать с ними в контакт. Посредник между миром людей и невидимым, трансцендентальным миром духов, является центральной фигурой шаманизма. Не каждый может им стать — лишь тот, кто пережил особую «шаманскую болезнь», кто прошел обряд посвящения в шаманы. Он — избранник духов, он жрец и целитель. Погружаясь в особое экстатическое состояние, шаман совершает путешествие по мирам Вселенной и находит духа, ставшего причиной болезни человека. Происходит это во время камланий — особых шаманских мистерий. Но шаманизм не ограничивается обрядовой практикой.



Бронзовое изображение Мир-сусне-хума — небесного всадника, сына верховного бога хантов и манси. Объезжая мир, он оказывает покровительство людям, излечивает от болезней, приносит удачу в охоте и на рыбалке. VI—VIII вв., Среднее Приобье. Новосибирский государственный краеведческий музей

Он включает в себя целый комплекс мировоззренческих представлений, сохранившихся практически неизменными с древнейших времен. Это космологические, тотемистические, анимистические и прочие верования о том, как устроена Вселенная, какое место занимает в ней человек, как он связан с окружающим миром.

Согласно наиболее распространенной у сибирских народов модели, Вселенная состоит из трех миров: Верхнего, Среднего и Нижнего. Расположенные один под другим, они соотносятся с небесной, земной и подземной сферам.

Верхний мир населен небожителями, героями, духами-хозяевами стихий и небесных объектов. Главенствует среди них верховное божество, творец мира и людей. Сами люди обитают на земле, в Среднем мире. Все, что их окружает — лес, горы, реки, животные, жилища, огонь, домашняя утварь, — имеет духа-хозяина. Он может помочь человеку, например в охотничьем или рыболовном промысле, а может и наказать его, если тот будет относиться к нему без должного уважения. После смерти люди попадают в подземный Нижний мир — сумрачное царство мертвых. Он зеркален Среднему: когда там зима, в Нижнем — лето, когда у живых день, у мертвых — ночь и т.д.

Духи Верхнего и Нижнего миров могут навещать людей. И если первые наделяют их магической силой, способны омолодить и даже оживить, вторые приносят людям несчастья, болезни, смерть. Спасти от них под силу лишь шаману. При помощи своего личного духа-покровителя, — как правило, это душа некогда жившего шамана — он отправляется в потусторонний мир, чтобы отыскать злокозненного духа, причинившего вред человеку. В своем многотрудном и опасном занятии шаман полагается на духов-помощников, принимающих облик животных, рыб или птиц, и на свои ритуальные предметы: бубен с колотушкой, шаманский костюм и т.д.

«НАУКА из первых рук» уже писала о сибирских шаманах и теперь вновь обращается к этой теме, чтобы поделиться с читателями новым этнографическим материалом, посвященным традициям шаманских погребений, до сих пор сохранившихся в отдаленных уголках якутского севера, и рассказать о таинственных «шайтанах», легенды о которых были записаны российскими исследователями в XVIII—XIX вв.



Кукушка-доносчица и мухомор-проводник

Ни одно явление народной культуры не порождает столь разных, порой взаимоисключающих точек зрения, как шаманизм. Единственное, в чем сходятся все ученые – отечественные и зарубежные, современные и прошлых эпох, медики, этнографы, культурологи, – это в том, что шаманизм базируется на вере в существование духов.

Истоки этой веры – в древних анимистических представлениях, наделяющих душой все окружающие человека предметы и явления природы. Солнце и Луна – это супруги, из-за воркотни своей жены муж Луна каждый месяц худеет. Деревья, как и люди, перешептываются друг с другом, гриб-мухомор следит за поведением человека, а кукушка доносит человеку слова небесного бога.



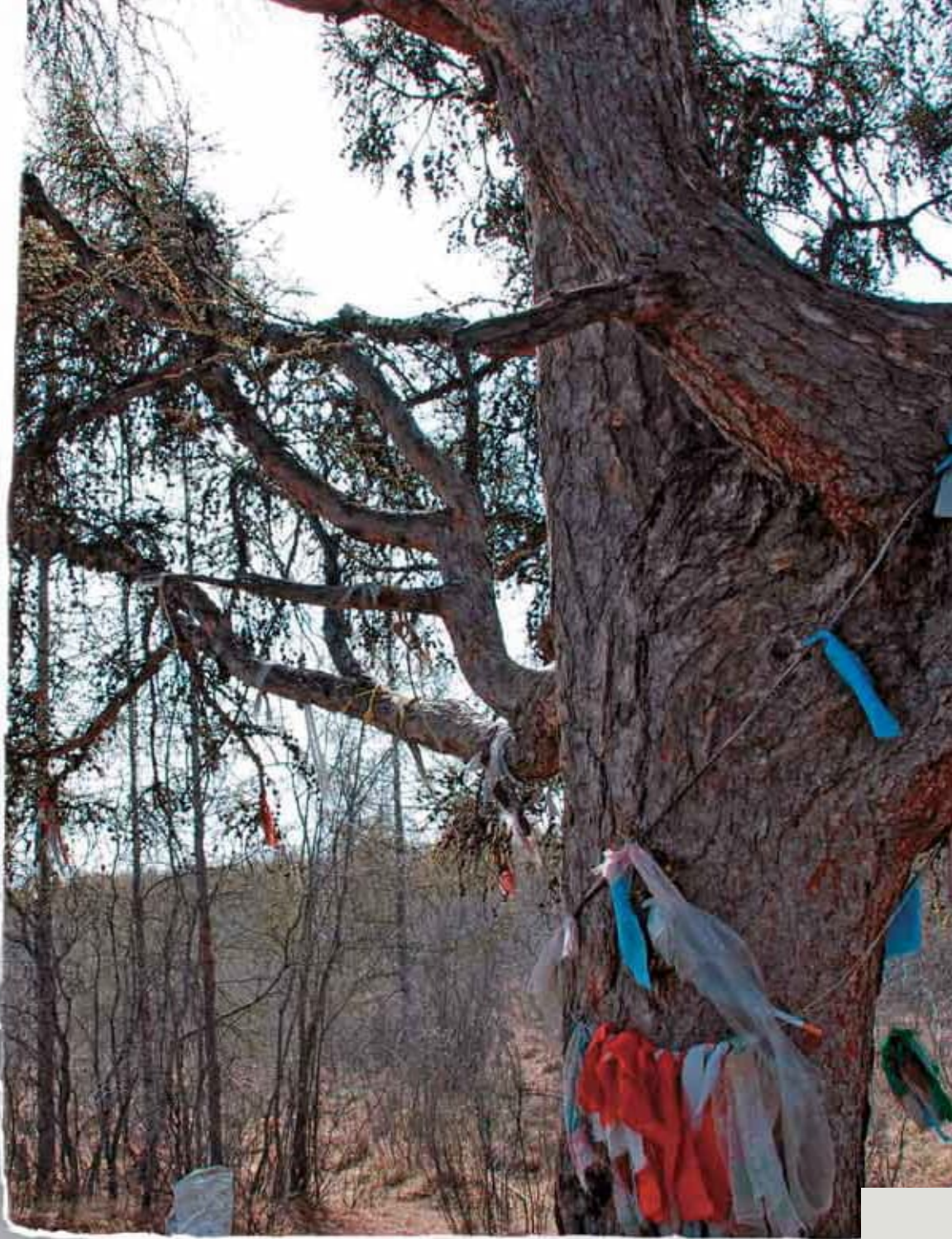
Ключевые слова: шаман, шаманизм, камлание, бубен, духи, шаманские атрибуты, колотушка.

Key words: shaman, shamanism, shamanistic ritual, tambourine, spirits, shamanistic attributes, tampon

С давних пор деревья причудливой формы ассоциировались с потусторонним миром. Считалось, что в таких местах встречаются духи местности, воды, горы. Проходя мимо, люди оставляли для них подношения.

На фото – священное дерево в окрестности с. Хонуу Момского улуса Якутии. При строительстве местного аэропорта жители попросили не вырубать его, и строители выполнили их просьбу.
Фото Ю. А. Слепцова

Слева – молодой хантыйский шаман осваивает бубен. Старый шаман должен на слух выявить его ошибки.
Фото А. Михалева (1989)



Этот бог – творец всего сущего. Он обитает на самом верхнем ярусе неба. Там всегда светло и тепло, шумит светлый березовый лес, там нет черного цвета, смерти, болезней и голода. Этот прекрасный Верхний мир соединяется с землей где-то далеко на юге, где стекают с гор маленькими ручейками истоки Оби и Енисея.

Живут в тех местах старик со старухой. Каменным ножом они строгают палочки, из которых мастерят ловушки на зверей и рыб. Падая в воду, стружки тут же превращаются в рыб, а старики, окунувшись в воду, обретают молодость.

Ниже по течению начинается Средний мир – обитель людей. В этом мире день сменяется ночью, а жизнь смертью. Есть в нем черное и белое, обильная пища и голод, здоровье и болезни, добрые и злокозненные духи. Этим духам человек должен делать подарки, а кому какие – указывает шаман.

Далеко на севере, у большого моря, Средний мир соединяется с Нижним – миром предков, миром под моховой подстилкой. Здесь нет власти Верховного бога, здесь правит свой бог, его извечный противник в черных одеждах. В подземном мире всегда темно и сыро, время



Деревянные идолы –
духи-помощники шамана.
Вселяясь в них, душа
шамана становится такой
же бессмертной, как и они.
Фото А. Михалева (1989)



Бубен – один из главных атрибутов шамана, средство
его общения с духами. Под рукоятку бубна крепятся
металлические подвески – «помощники шамана»,
передающие своим звоном его обращения к духам.
Березовский краеведческий музей (ХМАО)

и реки текут вспять, а вместо берез растет темный кедровый лес. Человек, умерший в Среднем мире, рождается в Нижнем, но жизнь его начинает идти в обратную сторону, вплоть до момента рождения. И тогда он вновь появляется в Среднем мире новорожденным младенцем.

Если колыбель для ребенка сделана из березы, он обретает покровительство Верховного бога. Об этом доносит богу кукушка. Если колыбель сделана из кедра, то она для человека, отправляющегося из Среднего мира в Нижний мир. Об этом подземному богу докладывает гриб-мухомор. Его красная шляпка объединяет свойства черного и белого цветов, и поэтому он может общаться с обитателями всех трех миров.

Если в Среднем мире внезапно умирает человек, который не нарушал правил охоты, не высказывался плохо о боге или духах, делился с общин-



КУЛЕМЗИН Владислав Михайлович – доктор исторических наук, профессор кафедры археологии и исторического краеведения Томского государственного университета. Сфера научных интересов: этнография коренных народов Сибири. Организатор и участник 22 этнографических экспедиций. Автор множества научных и научно-популярных работ, в том числе 12 монографий

*На фото сверху: В. Кулемзин после охоты на глухаря.
Экспедиция 1974 г. к хантам, р. Юган*



никами всем необходимым, то такого человека шаман может из Нижнего мира вернуть обратно на землю. Для этого он вселяет в себя мухомора-проводника и спускается в преисподнюю.

Подобных верований, наполняющих сакральным смыслом практику шаманизма, великое множество. Точно осколки прошлого, они составляют мозаику, в которой заключен весь мир и человек в нем. Бережно, из поколения в поколение, хранит их память тех, кто живет богатым прошлым своего народа: шаманов, провидцев, фокусников, сказочников и целителей.

Перед камланием шаман нагревает бубен, чтобы кожа на ободке натянулась и громче стали звуки, созывающие добрых и отпугивающие злых духов.
Фото В.М. Кулемзина (1972)

Ю. А. СЛЕПЦОВ

Чурима

белого шамана



У северных народов почитание солнца, дарующего жизнь, занимает особое место. Встречая его, шаман бьет в бубен, окропляет землю кумысом

96

Дорога шамана не обрывается с окончанием его земного пути. Эвены верят, что после смерти он отправляется на встречу с небожителями – светлыми богами айыы. Чтобы эта встреча состоялась, родственники шамана приносят в жертву оленей, снаряжают нарту, ставят чуриму – жилище покойника в мире мертвых

Ключевые слова: погребение, эвены, шаманы, обряды, жертвенные олени.

Key words: burial, the Evenks, shamans, ceremony, sacrificial deer



СЛЕПЦОВ Юрий Алексеевич – лаборант-исследователь сектора этнографии народов северо-востока России Института гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН (Якутск), директор этноэкологического центра коренных малочисленных народов Севера «Гарпанга». Был организатором кочевого лагеря для детей, в котором они знакомились с традиционным укладом оленеводов, их обычаями и обрядами. Опыт подобного приобщения детей к национальной культуре со временем распространился на другие регионы России. Прадед исследователя Егор Слепцов был последним князем якутского рода Байды, отец *Сото Уус Ньюкулай* – известным «белым» шаманом

Духи горных перевалов пользуются особым почтением у северных народов. На перевале Бакыркычан («скользящий» с эвенского) можно увидеть подношения, оставленные охотниками и оленеводами: патроны, череп жертвенного оленя, остоу оленьей нарты, похожий на деревянного идола. Существует легенда, что на этом перевале потеряла свою поклажу девушка-эвенка, соревновавшаяся в рукоделии с самим Солнцем. За такое поведение она была превращена в камень. Местность у подножия хребта Черского называется *Дьол асаткан* (букв.: «окаменевшая девушка»), и там есть большой камень, в который, по легенде, она превратилась. Место это особо почитается эвенками. Здесь нельзя громко говорить, бить камнем о камень, шить, что-нибудь мастерить





Отдаленные северные районы Якутии – уникальный в этнографическом плане регион, в котором сохранились обычаи и традиции, уже прекратившие свое бытование в центральных районах республики. Один из таких «островков архаики» – пос. Буор-Сысы Момского улуса Якутии

Эвены – один из коренных малочисленных народов Севера. Основная часть проживает в Республике Саха (Якутия), Хабаровском крае, Магаданской и Камчатской областях. Численность, согласно последней переписи населения, составляет 19 242 чел.

Эвенский язык относится к тунгусо-маньчжурской группе алтайской семьи языков. В 1931 г. была создана письменность на основе латинского, в 1936 г. – на основе русского алфавита. В 1990-е гг. стала проводиться активная политика по возрождению языка и культуры народа.

Устаревшее название эвенов – тунгусы. Распространение тунгусских племен из Прибайкалья и Забайкалья по Восточной Сибири началось в I тыс. н. э. Расселяясь, они включили в себя часть юкагиров, впоследствии сами были частично ассимилированы якутами.

С началом контактов с русскими в XVII в. испытали их сильное влияние. Эвены были одним из наиболее христианизированных народов Севера, чему способствовала активная миссионерская деятельность православной церкви. Вместе с тем у них сохранялись и традиционные обычаи и верования: промысловые культы, почитание духов-хозяев природы, шаманизм.

Основные традиционные занятия эвенов – кочевое оленеводство, охота, рыболовство.

По: (проект «НАРОДЫ РОССИИ», www.narodru.ru)





В традиционной культуре эвенов погребальная обрядность занимает одно из центральных мест. Почитание усопших, общение с их душами идет из далекого прошлого народа.

Прежде у эвенов существовало два способа погребения: воздушный и наземный. При воздушном хоронили на лабазах – специальных площадках, устраиваемых на столбах, при наземном – в деревянных ящиках-срубах. Воздушное погребение считалось более почетным. Этим способом хоронили шаманов и старейшин рода.

В процессе христианизации первый способ постепенно исчез, второй претерпел существенные изменения. Захоронения стали осуществляться по обряду ингумации, т.е. погребения в земле, с соблюдением норм православного обряда: ориентировкой по линии запад-восток, установкой креста. Но при этом некоторые элементы традиционного обряда продолжали сохраняться.

Одним из таких элементов яв-





Братья Николай и Дмитрий
Слепцовы, сыновья «белого»
шамана Г. П. Слепцова

ляется *чурима* – погребальное сооружение из трех-четырех жердей, составленных в форме пирамиды. Напоминая остов чума, она символизирует жилище покойника в мире мертвых.

Когда-то чурима встречалась у всех групп эвенов, независимо от района их проживания, теперь ее можно встретить только в отдаленных уголках республики, там, где сохраняется бытование древних традиций.

Видение «белого» шамана

Примером сочетания элементов христианского погребального обряда и традиционного эвенского может служить захоронение Г. П. Слепцова в пос. Буор-Сысы Момского улуса Якутии. По мнению многих жителей села, он был белым, т. е. лечащим, шаманом.

Рассказывают, что перед смертью Гаврила Петрович сказал своей дочери, что видит, как два человека ведут жертвенных оленей. Он решил над ними подшутить,

а потом за причиненное беспокойство вознаградить. Зная, что за оленями в стойбище отправился ее брат Николай с другом, она решила записать отцовские слова в тетрадь.

Позже выяснилось, что снегоходы на обратном пути неожиданно заглохли. А ведь были новые и до этого работали без перебоев.

Несколько часов промучились друзья, пытались их завести, но у них ничего не получилось. Решив, что пойдут пешком, Николай еще раз попытался завести снегоход – и тот вдруг заработал, будто и не ломался. Обрадованные, друзья продолжили путь.

Вскоре им попались два лося – словно нарочно вышли на середину дороги и встали как вкопанные. Решив, что это шаман послал им добычу, уложили обоих. По признанию Николая, никогда в жизни ему так легко не охотилось. Он считает, что отец дал им мясо, чтобы угостить родственников и всех людей, которые придут на его похороны.

Чурима на могиле «белого» шамана Г. П. Слепцова – традиционное ритуальное сооружение, символизирующее жилище покойника в мире мертвых.

Фото внизу – помост к западу от могилы, на котором покоятся жертвенные олени и стоит нарта с вещами покойного.

Пос. Буор-Сысы Момского улуса Якутии

Крест под чуримой

В соответствии с христианским обрядом, в ногах умершего Г. П. Слепцова был поставлен восьмиконечный крест с верхней перекладиной и косым подножием. Высотой в два раза выше креста внутри ограды также установлено традиционное ритуальное сооружение – чурима.

Могильное надгробие выполнено из жердин. Поверх них установлено еще небольшое сооружение из трех бревен, по виду напоминающее старинное наземное захоронение.

К западу от могилы сооружен помост из лиственничных жердин, на котором покоятся жертвенные олени. Они уложены в строгой последовательности: первым лежит «манчик» – олень, который прокладывает по глубокому снегу тропу для идущих следом оленей; за ним верховой олень «учах» с седлом и поводком; последним уложен олень для перевозки в загробный мир вещей покойного.

Для этих вещей к северу от жертвенного помоста устроен еще один помост. На нем также лежат олени, стоит нарта с вещами покойного и всем, что требуется оленеводу для кочевков.





Останки жертвенного оленя, седло и вещи покойного эвена на кладбище с. Хонуу Момского улуса Якутии



Солярный диск и деревянная кукла эмэгэт – принадлежности шаманского костюма. Солнце освещало шаманке путь во время ее путешествия по сумрачному Нижнему миру, с помощью куклы она общалась с духами и остальными обитателями потустороннего мира.
Краеведческий музей с. Хонуу Момского улуса Якутии

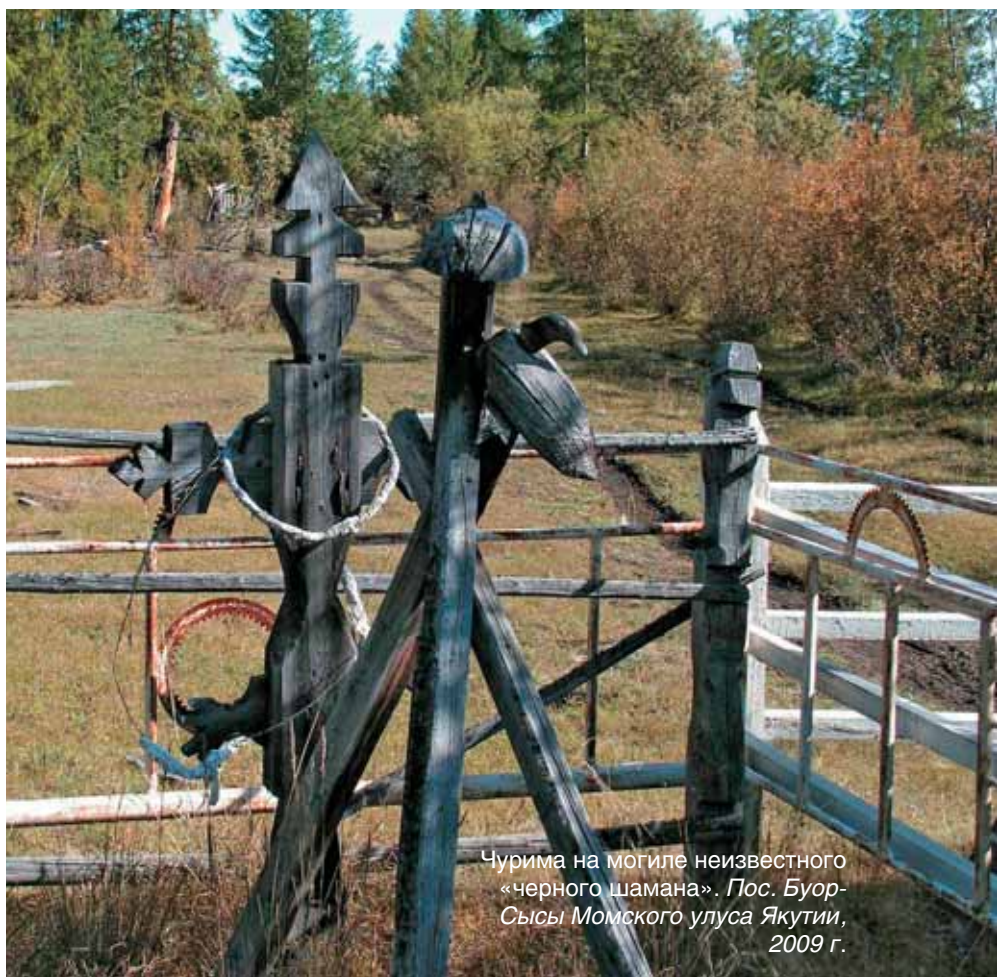
Обычно эвены сжигают одежду и личные вещи умершего, считая, что после погребения от него не должно оставаться никаких следов. Однако в данном захоронении имущество шамана осталось в целости. Возможно, это особенность момского погребального обряда.

По словам местных жителей, шаманский бубен с колотушкой хранится где-то далеко в горах хребта Черского, в одном из амбаров, принадлежавших некогда Слепцову. Трогать их, а тем более пользоваться ими, нельзя.

Птицы предостерегают

Чурима на могиле Слепцова – не единственная в округе. К северу от поселка находится еще одно подобное сооружение. Установлено оно на могиле неизвестного «черного» шамана. По словам Гаврила Петровича, это был кровожадный шаман, так что он даже запрещал детям приближаться к его могиле.

Внутри ограды установлен православный крест, на этот раз шестиконечный (с верхней и основной



Чурима на могиле неизвестного «черного шамана». Пос. Бурсысы Момского улуса Якутии, 2009 г.



перекладинами). Оконечности креста украшены резьбой.

Чурима такой же высоты, что и крест. К концам составляющих ее жердин прикреплены деревянные фигурки птиц, похожие на охотничьи манки уток, которыми местные жители привлекают по весне перелетных птиц.

Гаврила Петрович говорил, что птицы служат предостережением: это запретная зона и вход сюда закрыт.

В погребальной обрядности эвенов Момского улуса Якутии христианские нормы вполне гармонично сочетаются с традиционными верованиями. В одной могильной ограде мирно соседствуют крест и чурима.



В апреле 2006 г. в Якутске состоялся Первый съезд эвенов РФ, призванный объединить представителей малочисленного народа, проживающих в разных районах Якутии, на Чукотке, Камчатке, в Магаданской области и Хабаровском крае. В задачи съезда входила выработка мер по сохранению культурных традиций и обычаев эвенов, защите их прав и интересов.

Потомственный оленевод, представитель момских эвенов Е. И. Слепцов обратился к духам земли с просьбой благословить работу съезда

Символы разных религий, они являются выражением одной веры человека – в вечную жизнь.

После похорон эвены не носят траура, не предаются долгой скорби по умершим. И такое отношение к смерти во многом способствует выживанию маленького кочевого народа в суровых условиях Крайнего Севера.



Литература

История и культура эвенов. СПб.: Изд-во РАН. 1997. 182 с.

Кривошапкин А.В. Эвены. СПб.: Отд-ние изд-ва «Просвещение». 1997. 79 с.

На грани миров. Шаманизм народов Сибири. М: ИПЦ «Художник и книга». 2006. 296 с.

В публикации использованы фотографии автора

Материал для статьи собран при финансовой поддержке фонда Global Greengrants Fund (США), договор № 53-479 от 04.08.09 и № 54-169 от 22.02.10



КОЛЫМСКИЕ ШАЙТАНЫ: легенды и реальность

На берегу оз. Омук-Кюель Среднеколымского улуса Якутии обнаружено уникальное захоронение «шайтана». Согласно преданиям, в нем погребены мумифицированные останки шаманки, умершей в одну из опустошительных эпидемий оспы XVIII в. Стараясь побороть смертельную болезнь, сородичи шаманки использовали их в качестве фетиша эмэгэт. Автор считает, что в этих преданиях отражены реальные события далеких лет



ВАСИЛЬЕВ Валерий Егорович – кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Института гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН (Якутск). Автор более 100 научных и научно-популярных работ

В краеведческом музее с. Алеко-Кюель среднеколымского улуса Якутии хранится редкий экспонат: шуба *сагыннах* последнего шамана Первого Кангаласского наслега Якутии Дмитрия Батюшкина – *Суор ойууна* (1887—1968). На спинке шубы нашито изображение орла с распростертыми крыльями – священный тотем племени, через подмышки пропущена длинная волосная веревка – поводья, с помощью которых «белый» шаман притягивает благодать светлых богов. Рядом с шубой висит шаманский бубен с двумя колокольчиками и резонаторами из четырех рожков. Экспонаты не имеют инвентарных номеров и хранятся в подсобном помещении, поскольку на перемещение шаманских принадлежностей наложено табу, за нарушение которого может последовать строгое наказание



В русский язык арабское слово «шайтан» попало из тюркских языков. Согласно исламской традиции, шайтан – один из джинов, злой дух, демон. В процессе русской колонизации и христианизации Сибири шайтанами стали называть все сакральные предметы, использовавшиеся аборигенами в качестве фетишей, духов-хранителей рода и племени. Существуют разрозненные сведения, относящиеся к XVIII—XIX вв., о том, что в их число входили даже мумифицированные останки великих шаманов и шаманок.

В 40-х гг. XVIII в. участник Второй Камчатской экспедиции Яков Линденау писал: «С костей [шамана] соскабливают мясо и кости собирают в скелет, одевают в платье как человека и почитают скелет как божество. Юкагиры помещают такие наряженные кости... в своих юртах, иногда 10–15 штук. Если кто-нибудь подвергает даже незначительному поруганию эти кости, тот вызывает озлобление юкагиров... Во время путешествия и на охоте юкагиры возят эти кости в нартах, причем предназначают им лучшие нарты и лучших своих оленей. Когда юкагиры собираются предпринять что-то грандиозное, они гадают при помощи этих скелетов – поднимают скелет вверх, и если он кажется им легким, то это означает благоприятный исход их предприятия... Эти скелеты юкагиры называют стариками, одаривают их лучшими мехами и сажают на постели, покрытые оленьими шкурами, всех в кружок, как живых» (Линденау, 1983, с. 155).



Две шапки для идола

В конце XIX в. известный исследователь аборигенной культуры В. И. Иохельсон отметил изменения, произошедшие в ритуале за полтора столетия. Так, высушенное на солнце мясо шамана юкагиры делили между собой, а потом помещали его в отдельных шалашах. Там же оставляли трупы убитых собак.

«Затем, — пишет Иохельсон, — они делили между собой кости шамана. Подсушивали их и заворачивали в одежду. Череп служил объектом поклонения. Его насаживали на ствол (туловище), вырезанный из дерева. Шили для него (для идола) кафтан и две шапки — зимнюю и летнюю. Кафтан полностью расшивали вышивкой. На череп надевали особую маску с отверстиями для глаз и рта... Фигуру помещали в переднем углу дома. Перед приемом пищи сначала бросали кусочек в огонь, держа идола над дымом. Такое кормление идола... совершалось перед каждым приемом пищи» (Иохельсон, 2005, с. 236—237).

Хранился идол у детей покойного шамана. Один из них еще при жизни отца посвящался в тайны шаманства. Перевозили идола в деревянном ящике. Иногда, сообразно обычаю воздушного погребения, ящик устанавливали на столбах или деревьях и вынимали оттуда фигуру только перед охотой или дальним походом, чтобы погадать об исходе намеченного дела.

Со временем в качестве оберегов юкагиры стали использовать деревянных идолов. Иохельсон отмечает, что к концу XIX в. они уже скептически относились к идолам и называли их «шайтанами». Так, под влияни-

ем христианства почитаемый дух предка превратился в свой противоположный образ — злого духа, дьявола, сатану.

Тунгусские «сайтаана»

В самом конце 1930-х гг. якутский этнограф А. А. Саввин собрал у эвенов (современное название тунгусов) Верхоянского района Якутии сведения о *сайтаана*. Так они называли мумифицированные трупы сильных шаманов или шаманок, использовавшиеся в качестве оберегов. По всей видимости, тунгусские «шайтаны» появились в подражание юкагирским.

Иногда это были одни головы или фигурки из трухлявого дерева. Тогда проводился обряд «оживления»: идола натирали кусками сушеного человеческого мяса, обмывали кровью жертвенного оленя, надевали на него шаманскую одежду, давали маленький бубен. Он становился оберегом семьи. Его почитали как покровителя охоты Байаная и боялись обидеть, поскольку он мог за это наказать. Хранили «шайтана» в кожаном мешке, кормили, окуривая дымом или паром от жертвенной пищи.

Сведений о том, что с ним происходило далее, совершался ли обряд погребения, долгое время не было, пока в 1995 г. житель отдаленного якутского села Алеко-Кюель не рассказал автору о том, что несколько лет назад он видел на берегу озера треугольный сруб, внутри которого сидел посаженный на кол «шайтан».

Эту ценную информацию никак не удавалось проверить, и только в 2009 г. представилась такая возможность.



На берегу оз. Омук-Кюель находится могила «шайтана» — небольшой бревенчатый сруб, втиснутый меж двух старых пней и закрытый сверху настилом из жердей. Необычно маленькие размеры погребальной камеры (0,45×0,45 м) и расположение костей дают основание предполагать, что захоронены были останки мумифицированного человека

На берегу Омук-Кюель

Жители с. Алеко-Кюель рассказали, что в старину в этой местности проживали омуки — так они называли эвенос. Большое озеро в 10 км от села носит название Омук-Кюель, что означает «озеро эвена».

На его лесистом берегу, на подушке из мха, ягеля и морошки и находится могила «шайтана». С виду это небольшой квадратный сруб, втиснутый меж двух старых пней, без которых он давно бы развалился. Сверху его покрывает настил из жердей. Под настилом — небольшая погребальная камера (0,45×0,45 м) с останками человека.

В одном углу лежат кости таза, в другом — кости нижних конечностей. Между ними — череп, с отсутствующей нижней челюстью и отверстием в затылочной кости. Позвонки и ребра в относительном анатомическом порядке расположены на полу камеры между тазом и черепом. Верхние конечности и лопатки отсутствуют. Вероятно, их унесли сородичи умершего, чтобы использовать в качестве талисманов или гадалых предметов.

Расположение останков говорит о том, что человек был погребен в сидячем положении, с сильно подогнутыми к груди ногами. Судя по длине конечностей, рост его составлял не менее 1,6 м. Лицом он был обращен к югу.

Кроме человеческих останков, в камере обнаружены подношения: коробок спичек, сигареты, завернутый в фольгу чай. Также в могиле находится деревянный кол со сгнившим концом. Второй кол стоит снаружи при-

слоненным к срубу. Оба кола плоские, у обоих острие не менее 2—3 см, так что насадить на них труп невозможно. Об этом же говорит и целостность копчика.

Учитель истории из с. Эбээх Второго Хангаласского наслега В. И. Ефимов сообщил, что в местности Дюенсэ когда-то в оградке сидел «шайтан», привязанный спиной к длинному колу. Проверить это невозможно, поскольку могилка, к сожалению, не сохранилась.

Гагара, бусины и жетоны

Под дерном, покрывающим пол камеры, найдены предметы, украшавшие некогда одежду умершего: железная фигурка гагары, бронзовый диск с ажурным солярным плетением, три латунных жетона с отверстиями и множество бусин синего, белого и черного цветов. Очевидно, все это атрибуты шаманского костюма: гагара крепилась на спине или плечах, солнечный диск висел на груди, жетоны украшали нагрудник, а бисер обильно покрывал одежду и обувь.

На одном из жетонов изображена корона и щит с лилиями, отчетливо читается надпись PFENNIG. На другом жетоне такой же щит с лилиями, на обратной стороне — профиль мужчины в длинном парике, с жабо, по кругу идет надпись латинскими буквами. В фондах Якутского краеведческого музея хранятся латунные жетоны XVIII в., извлеченные из погребения лошади. Два из них идентичны найденным.

Не исключено, что украшений было гораздо больше. По рассказам местных жителей, до начала 1980-х гг. могила и погребенные в ней останки оставались нетрону-



В захоронении «шайтана» обнаружены части шаманского облачения: фигурка гагары, солярный диск с ажурным плетением, три монеты-жетона.

Справа – пояс шамана с подвесками, среди них солярный диск. Музей археологии и этнографии ИАЭТ СО РАН (Новосибирск)

тыми. Это подтверждает и заведующий Музеем мамонта Института прикладной экологии Севера П. А. Лазарев, работавший в то время на оз. Омук-Кюель.

В окрестности могилы не обнаружено никаких ритуальных сооружений. Только в 60 шагах к северу от захоронения имеется квадратное основание чума *тордох* – зимнего варианта жилища. Близость этих двух объектов дает основание предположить, что они составляли единый ритуальный комплекс, ориентированный по линии север–юг.

Старожилы села рассказали, что в полукилометре отсюда, у оз. Омук-Унгуохтаах, находится могила еще одного эвенского шамана, однако указать ее точное расположение они отказались.

Легенды и факты

По словам директора местного краеведческого музея Д. И. Винокурова, в старину над «шайтаном» был установлен чум, а по обе стороны от него в треугольных оградках находились два его помощника.

Когда омуки проезжали мимо, они останавливались и кормили «шайтана», вставляя ему в зубы зажженную трубку. Говорят, он делал затяжку и дым изо рта шел в верхнее отверстие чума. Раньше Дмитрий Ильич работал оленеводом и охотником, но на том месте «шайтана» никогда не видел.

Сельский коневод В. С. Бубякин рассказал, что в 1960-х гг. видел насаженного на кол «шайтана». Кол проходил через отверстия в позвоночных костях и втыкался ему в череп. Одежды на «шайтане» не было, лишь какие-то лохмотья. Лицом он был обращен к югу.

Сам Бубякин дружил с эвенским шаманом Н. Я. Слепцовым. Его похоронили около оз. Дбархатаах, в местности Лайылла. Когда Бубякин бывает там, кормит огонь, призывая своего друга по имени-отчеству. По его словам, гипноз шамана сохраняется 300 лет. Он до сих пор чувствует силу шамана.

Бывший директор краеведческого музея В. Д. Батюшкин сообщил, что в 1981–1982 гг. к ним из Якутска приезжал архитектор Серафим Бандеров. Он-то и раскопал «шайтана». Батюшкин помнит фотографии, которые ему показывал Бандеров. На них были видны кости внутри треугольного сруба, а головы не было. Владимир Дмитриевич сказал, что жизнь архитектора после этого не сложилась. Он считает, его ранняя смерть вызвана местью «шайтана».

В администрации Первого Хангаласского наслега нам показали книгу журналиста В. Е. Винокурова, в которой оказалась одна интересная легенда.

Когда-то давно эпидемия оспы истребила почти всех омуков. Несколько выживших сложили у воды трупы своих сородичей и ушли, забрав с собой тела трех женщин. Они их высушили, превратив в фетиши *эмэгэт*. С их помощью они надеялись спастись от страшной болезни, однако, убедившись в бессилии идолов перед оспой, оставили мумии на берегу, посадив в треугольные оградки.

Из тех могил сохранилась только одна. А омуки переселились в тундру Олюерэ. На рубеже XIX–XX вв. оттуда трижды приезжал шаман *Ньукучаачан ойуун*, чтобы провести обряд благословения духов своих старших теток (Винокуров, 2008, с. 22).



Саха считают, что душа покойника отправляется в загробный мир верхом на коне. Следуя старинному обычаю, уходящему корнями в древнетюркскую эпоху, жители с. Алеко-Кюель до сих пор забивают на похоронах жертвенных лошадей, а их головы и копыта вешают на деревьях около кладбища. Головы лошадей ориентированы на восход солнца, в сторону местожительства светлых божеств айыы. Дерево, в данном случае лиственница, выступает связующим звеном между мирами, «дорогой» в потусторонний мир



О тголоском старинной легенды, скорее всего, и является могила на берегу оз. Омук-Кюель. Похороненный в ней «шайтан» — умершая от оспы эвенская шаманка. Возможно, это была эпидемия черной оспы 1782 г.

Известно, что старые арангасы (могильные помосты) могут стоять до столетий, а в условиях Севера и больше. Если в конце XIX в. сюда приезжали сородичи шаманки, то они могли поправить могилку, поставленную еще в предыдущем веке.

Косвенным доказательством того, что могила относится к дохристианскому периоду истории Якутии, т.е. до конца XVIII — начала XIX в., является отсутствие креста. Малые же размеры камеры и необычная поза костяка наводят на мысль, что захоронены останки некогда мумифицированного человека. Солнечный диск и ориентировка «шайтана» на юг указывают на его связь с культом Солнца, что отрицает возможную принадлежность умершего к так называемому «черному» шаманству.

Литература

Васильев В.Е. Сайтаан // Культурное наследие народов Сибири и Севера: Материалы V Сибирских чтений. СПб.: МАЭ РАН, 2004. Ч. 2. С. 194–197.

Васильев В.Е. Юкагирские сайтааны (вопросы генезиса шаманских погребений) // Сибирский сборник—1: Погребальный обряд народов Сибири и сопредельных территорий. Кн. 2. Спб.: МАЭ РАН, 2009. С. 191–198.

Винокуров В.Е. Великое переселение: предания, мифы, легенды, статьи. Среднеколымск, 2008. 153 с. (На якут. яз.)

Иохельсон В.И. Юкагиры и юкагиризированные тунгусы. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 2005. 675 с.

Линденау Я.И. Описание народов Сибири (первая половина XVIII века): Историко-этнографические материалы о народах Сибири и Северо-Востока. Магадан: Кн. изд-во, 1983. 176 с.

Токарев С.А. Ранние формы религии и их развитие. М.: Политиздат, 1990. 662 с.

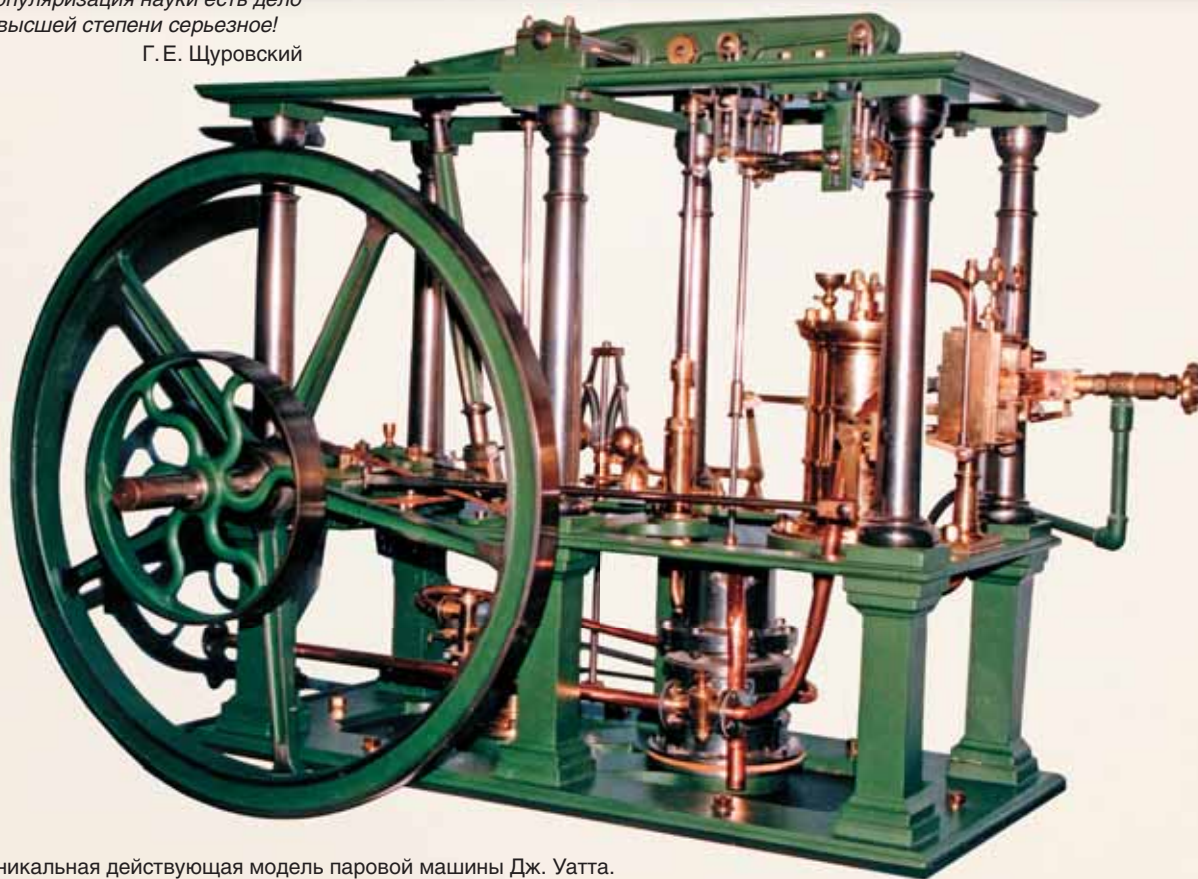
Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Историко-культурное наследие и духовные ценности России», блок «Духовная культура саха: традиции, современное состояние и перспективы развития»



Политехнический музей

*Популяризация науки есть дело
в высшей степени серьезное!*

Г. Е. Щуровский



Уникальная действующая модель паровой машины Дж. Уатта.
Политехнический музей, отдел энергетики



Политехнический музей в Москве – национальный музей истории науки и техники, один из старейших научно-технических музеев мира. На протяжении своего более чем 137-летнего существования он не раз становился свидетелем важнейших исторических и политических событий российской жизни, фундаментальных научных открытий, встреч с замечательными людьми. Политехнический сегодня – это большой научный комплекс, в который наряду с богатой музейной коллекцией, насчитывающей более 100 тыс. единиц, входит обширная научно-техническая библиотека и Центральный лекторий. В многочисленных залах музея развернуты экспозиции по автоматике, метрологии, вычислительной технике, физике, химии, минерально-сырьевым ресурсам Земли, металлургии, энергетике, транспорту, космонавтике и другим отраслям знания

Политехнический музей – первое публичное учреждение в России, которое изначально создавалось для популяризации научно-технических знаний среди широких слоев населения. Идея его возникновения родилась в 60-е гг. XIX века, в эпоху реформ Александра II, когда в результате проводившихся в стране преобразований наступила некоторая либерализация общественной жизни, позволившая развернуть свою деятельность многим научным сообществам.

В 1863 г. при Московском университете было учреждено Императорское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии. Главной задачей его основатели ставили не только содействие науке, но и распространение среди населения естественно-научных знаний. Они выступили с инициативой создания в Москве доступного просветительского музея, призванного «служить для народа наглядною техническою школой по всем отраслям промышленности и по приложению к ним науки», «содействовать распространению сведений между недостаточно образованными классами» (Соловьев, 1872, с. 134).

Для начала было решено провести в Москве Политехническую выставку, которая бы познакомила российскую общественность с наиболее передовыми научными и техническими идеями, самые же интересные экспонаты составили основу будущих музейных коллекций. Эта идея встретила горячую поддержку со стороны властей и предпринимательских кругов Москвы. Проведение выставки приурочили к 200-летию со дня рождения Петра Великого, чтобы обеспечить ей покровительство со стороны царствующего дома.

Ключевые слова: история науки и техники, просвещение, популяризация знаний, история Политехнического музея, экспозиции, коллекции.

Key words: history of science and technology, education, knowledge popularization, history of Polytechnical museum, expositions, collections



СЕМЕНОВА Олеся Владимировна – старший научный сотрудник, заведующая изобразительным фондом Федерального государственного учреждения культуры «Политехнический музей». Научные интересы: история техники, история Политехнического музея

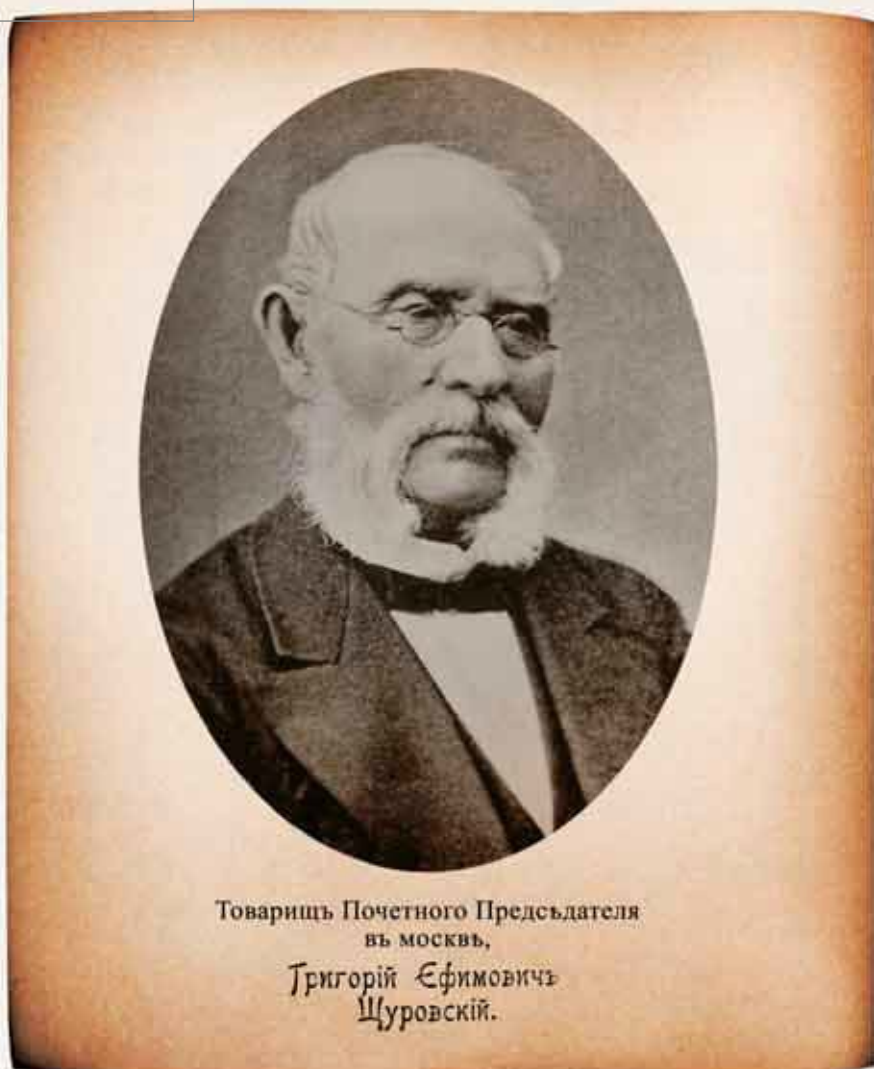
Летом 1872 г. в самом центре Москвы, как было записано в программе, «в Кремле и около него, под умолкнувшими бойницами древней защиты выставились произведения труда». Общая площадь павильонов, занявших территорию Манежа, Александровского сада и набережной Москвы (вдоль Кремлевской стены до Москворецкого моста), составила 20 га. В них разместили свою продукцию около 10 тыс. отечественных и 2 тыс. зарубежных экспонентов. Посетителями выставки стали 750 тыс. человек, что превысило все тогдашнее население Москвы.

Выставка имела грандиозный успех. Она стала ярким событием не только российской, но и международной жизни. После ее закрытия Комитет отобрал наиболее интересные экспонаты для открывающегося Музея прикладных знаний – будущего Политехнического музея.

«...дворцом смотрит и не лишено оригинальности»

Землю под строительство музея в самом центре Москвы, на Лубянской площади, пожертвовала Московская городская Дума. Здание, проект которого составил известный архитектор И. А. Монигетти, стало одним из первых в России зданий общественного назначения, отделка которого выполнена в «русском стиле». «Пышно, красиво, дворцом смотрит и не лишено оригинальности...», – так восторженно отзывался о его фасаде искусствовед В. В. Стасов.

Строительство музейного здания в общей сложности продолжалось 32 года, вплоть до 1907 г., когда был закончен последний корпус с Большой аудиторией. Однако двери для посетителей Политехнический открыл уже 12 декабря 1872 г. (во временном помещении на Пречистенке). Этот день и считается



Товарищ председателя Музея прикладных знаний (впоследствии Политехнического музея) – известный русский геолог, первый президент Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии Григорий Ефимович Щуровский (1803—1884)

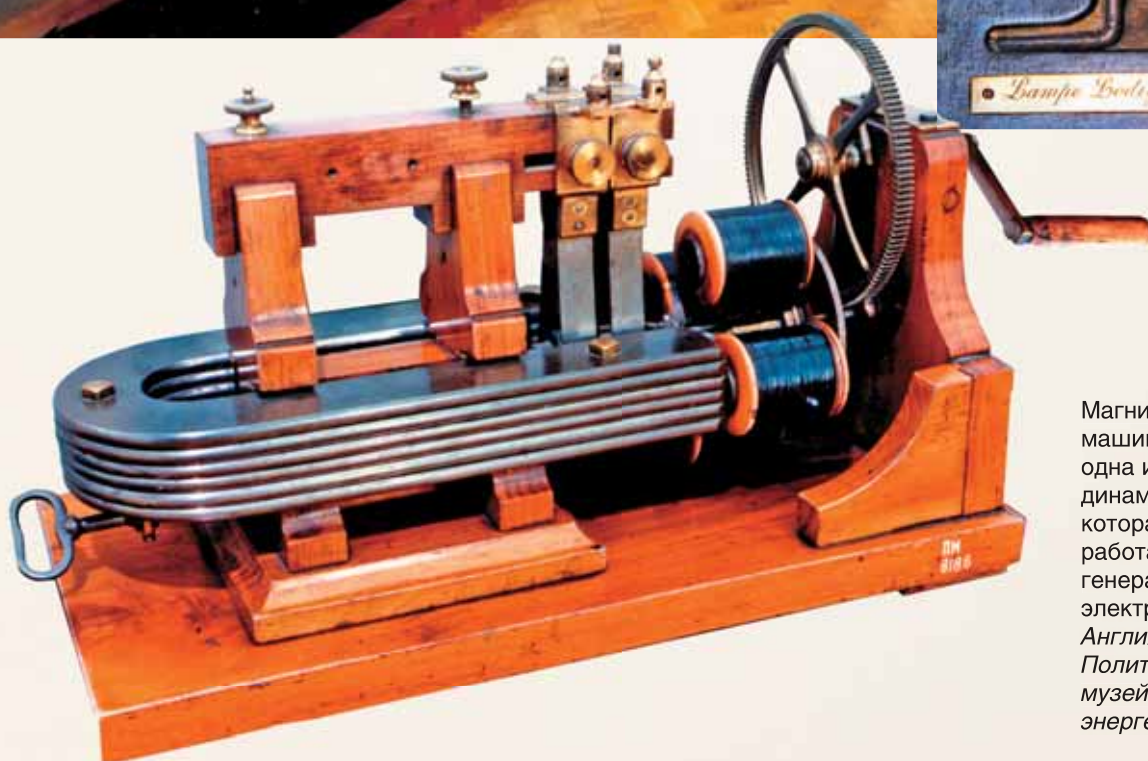
официальной датой открытия музея.

Первая экспозиция состояла из девяти отделов: технического, прикладной физики, прикладной зоологии, сельскохозяйственного, архитектурного, учебного, торгового мореходства, туркестанского, почтовой техники. С самого начала руководство музея придавало большое значение разъяснению коллекций, проведению разного рода курсов и лекций, на которые могли прийти все желающие. Очень быстро Политехнический обрел популярность.

Руководителями отделов и научных лабораторий музея были многие замечательные ученые: А. С. Владимирский, А. Г. Столетов, К. А. Тимирязев, Н. Е. Жуковский и др. Именно здесь, в Политехническом, впервые загорелась «электрическая свеча» Яблочкова и лампа накаливания Лодыгина, здесь проводились эксперименты по передаче звука на расстоянии под руководством



Экспозиция «Русский свет» посвящена истории создания источников света, начиная от свечных фонарей, керосиновых и газовых ламп и заканчивая достижениями российских электротехников: дуговой лампой Чикалева, электрической свечой Яблочкова, лампой накаливания Лодыгина. Патент на свое изобретение русский электротехник А. Н. Лодыгин получил в 1874 г.



Магнитоэлектрическая машина Кларка – одна из первых динамо-машин, которая могла работать и как генератор, и как электродвигатель. Англия, 1836–1845 гг. Политехнический музей, отдел энергетики

П. М. Голубицкого, Жуковский докладывал о «новых исследованиях о летании», здесь обсуждался вопрос об освоении Северного Морского пути.

После «разгрома» в 1911 г. Московского университета многие ученые, вынужденные его покинуть, смогли продолжить свою научную и лекционную работу в Политехническом музее. Среди них К. А. Тимирязев, П. Н. Лебедев, В. И. Вернадский, Н. А. Умов, Н. Д. Зелинский, С. А. Чаплыгин.

Большая аудитория

Новый размах просветительская деятельность музея обрела с открытием в 1906 г. Большой аудитории. Рассчитанная на 900 мест, она была снабжена всем необходимым для проведения публичных лекций и демонстрации опытов. Очень удачной аудитория оказалась и в акустическом плане, так что вскоре она стала главным лекционным залом Москвы.

В ней проводились известные на всю Москву вос-

кресные «объяснения коллекций» музея. Так, в 1907 г. с интересной лекцией здесь выступил молодой физик, создатель электронно-лучевой трубки Б. Л. Розинг, а в 1909 г. Большая аудитория принимала крупнейшего ученого-биолога И. И. Мечникова, вернувшегося из-за границы после присуждения ему Нобелевской премии.

Начало XX в. ознаменовалось расцветом художественных и литературных течений в русском искусстве. Символисты, футуристы, акмеисты, имажинисты, кубисты отстаивали свои убеждения в Политехническом. С трибуны Большой аудитории звучали голоса С. Есенина, В. Хлебникова, И. Северянина, К. Бальмонта, им вторили их оппоненты: И. Бунин, В. Вересаев, М. Горький, А. Серафимович, К. Чуковский. В 1920-е гг. в Политехническом выступали А. Блок, В. Брюсов, В. Маяковский.

Неизменный интерес вызывали словесные баталии на

Начало коллекции телефонов Политехнического музея положили аппараты, полученные от Первой Московской телефонной станции в начале XX в. В коллекции представлены также первые трубки Белла и Сименса, коммутаторы и современные электронные системы, телефоны специального назначения – шахтные, корабельные и т. д.

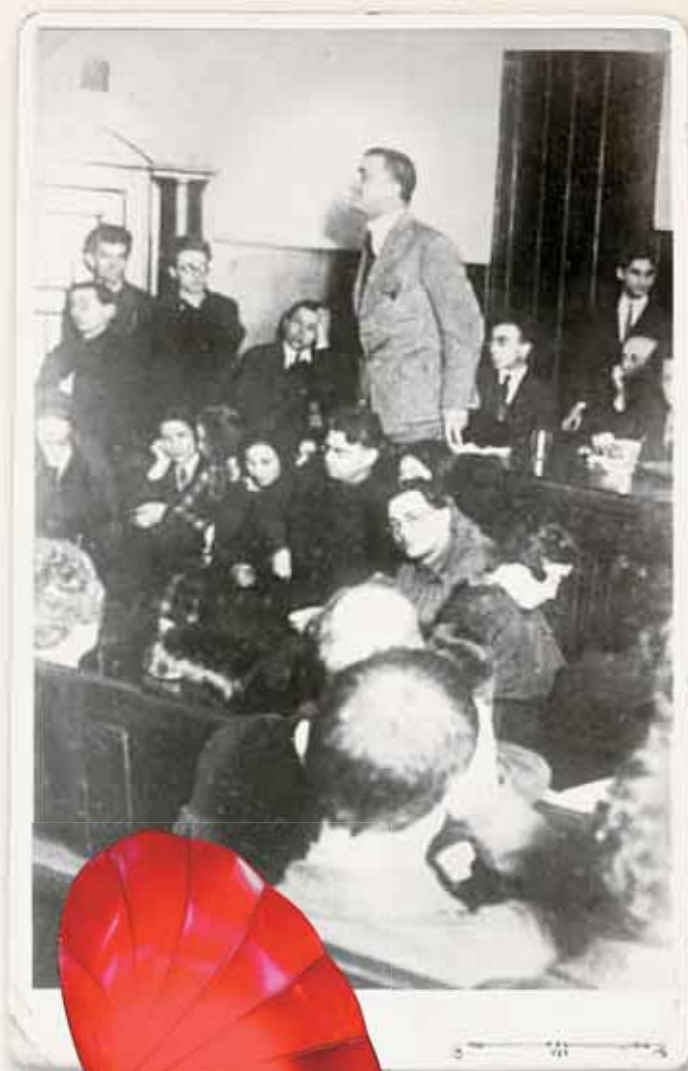
Политехнический музей, отдел радиоэлектроники



тему «религия и социализм» нарком просвещения А. В. Луначарского и митрополита А. А. Введенского.

Пройдут годы, а Большая аудитория Политехнического, переименованная в середине XX в. в Центральный лекторий, по-прежнему будет собирать полные залы на лекции общества «Знание» и поэтические вечера, став самым узнаваемым символом «хрущевской оттепели». Зачастую она не могла вместить всех желающих послушать стихи молодых поэтов – Е. Евтушенко, Б. Окуджавы, А. Вознесенского, Р. Рождественского, Б. Ахмадулиной.

20 октября 1927 г. В. Маяковский выступал в Большой аудитории Политехнического музея. Газета «Вечерняя Москва» писала: «Публика в проходах, публика на эстраде, публика в вестибюле. Снаружи... Политехнический имеет вид осажденной крепости. Это Маяковский читает октябрьскую поэму "Хорошо"» (Анисимов, 1983, с. 139)



Граммофон настольный «Монарх-13». Время работы при одном полном заводе пружины составляет 4 мин. Германия, 1906–1908 гг.

Шарманка – один из самых популярных музыкальных полуавтоматов. Представляет собой пневмомеханическое устройство с органными трубами и программным валиком. Россия, конец XIX – начало XX вв. Политехнический музей, отдел автоматики

В Политехническом музее собрана одна из крупнейших в мире коллекций микроскопов – около 1000 образцов, от первых простых однолинзовых «мушиных», служивших «для увеселения души и глаз» до электронных микроскопов XX в.

На фото внизу – микроскопы конца XIX в. Политехнический музей, отдел оптики



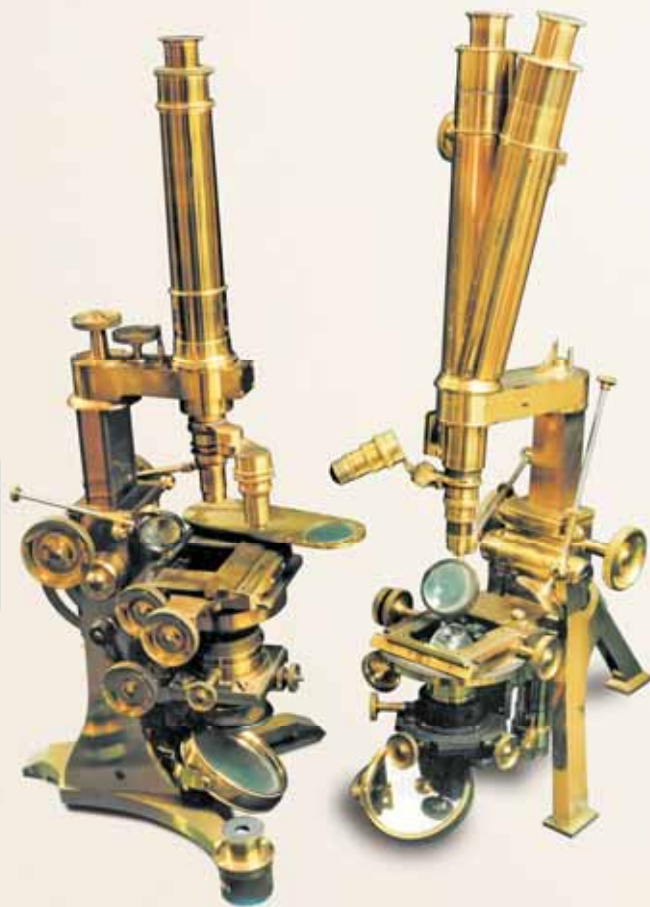
ПРЕДВЕСТНИКИ ЭВМ

Одним из величайших достижений XIX в. в области вычислительной техники стало изобретение арифмометров (от греч. *arithmos* – «число» и *metreo* – «измеряю»). Они широко применялись в различных сферах деятельности, оставаясь самыми популярными счетными машинами вплоть до середины следующего столетия.

Политехнический музей располагает внушительной коллекцией механических арифмометров – более 80 образцов. Большая их часть – редкие экземпляры середины XIX – начала XX вв.

Начало коллекции положил арифмометр англичанина Дж. Эдмондсона необычной цилиндрической формы – усовершенствованная версия первого промышленного арифмометра, созданного французским инженером К. Томасом. Одним из наиболее ценных приобретений музея стал арифмометр петербургского инженера В. Т. Однера. Разработанная им модель сыграла ведущую роль в становлении российского счетного машиностроения. Представленный в собрании образец относится к небольшой партии первых промышленных машин, изготовленных на чугуно-меднолитейном заводе «Людвиг Нобель». К настоящему времени сохранилось всего три экземпляра: два находятся в Смитсоновском институте (США), один – в собрании Политехнического музея.

Благодаря многолетней деятельности сотрудников музея удалось достаточно полно представить историю разви-



Арифмометр
Эдмондзона. Англия,
1891—1900 гг.



Арифмометр «Оригинал-
Однер». Россия, 1911—1912 гг.
Политехнический музей,
отдел вычислительной техники

тия механических арифмометров, от первого в мире промышленного арифмометра Томаса до модели «Феликс», завершившей собой эволюцию счетных машин.

В «биографии» многих машин есть интересная «музейная легенда» или мемориальная значимость, повышающие историческую ценность экспоната. Например, арифмометр «Тринкс-Брунсвига», известный своей высокой разрядностью, был приобретен в 1915 г. счетоводными курсами Общества распространения коммерческого образования. Наглядная иллюстрация потребностей дореволюционной России в импортной вычислительной технике! А машина «Оригинал-Однер», принадлежавшая известному мостостроителю Г. К. Евграфову, использовалась для расчета конструкций мостов через р. Москва, в частности мостомоста на Воробьевых горах.

*Старший научный сотрудник
О. А. Ананьева
(Политехнический музей, Москва)*

Испытания XX века

Политехнический музей стал и свидетелем, и непосредственным участником многих трагических событий XX в. С началом Первой мировой войны в его аудиториях разместился лазарет, силами сотрудников отдела физики заработал рентгенологический кабинет (его услугами пользовались все московские госпитали и больницы), постоянно проводились благотворительные вечера в помощь жертвам войны.

В годы революции музей оказался ареной бурных политических дебатов: в Большой аудитории проходили митинги и собрания, выступали В. И. Ленин, Ф. Э. Дзержинский.

Несмотря на смену политического режима, сотрудникам музея до конца 1920-х гг. удавалось сохранять ту идейную основу, что была заложена еще членами ИОЛЕАиЭ: содействовать науке, просвещать и образовывать. По инициативе работников отдела прикладной физики были проведены две большие выставки: свето- и радиотехническая. В 1921 г. в Политехническом музее обсуждался план ГОЭЛРО в рамках проходящего VIII Всероссийского электротехнического съезда.

Радикальные изменения в деятельности музея произошли в конце 1920-х — начале 1930-х гг. Тогда стартовала новая музейная политика государства, согласно которой музеи должны были стать базой научно-технической пропаганды. К руководству в Политехническом пришли новые люди. Из фондов были изъяты все «идеологически чуждые» экспонаты, и главный технический музей страны стал местом, где демонстрировались достижения социализма. К началу XVII съезда ВКП(б) в 1934 г. все экспозиции музея были в спешном порядке свернуты и на их месте открылась выставка «Наши достижения».

С началом Великой Отечественной войны и до 1943 г. музей был закрыт для посещения. На его базе работали курсы шоферов и радистов, сотрудники музея готовили передвижные выставки, консультировали москвичей, как экономить топливо и электроэнергию.



Д. К. Чернов в парадной форме.
Санкт-Петербург, 1910-е гг.
Политехнический музей, отдел
письменных источников



В 1889 г. Д. К. Чернов
вступил в число профессоров
Михайловской артиллерийской
академии. До конца жизни
исполняя обязанности
заведующего кафедрой
металлургии, он подготовил
не одно поколение
офицеров-артиллеристов,
посвятивших себя развитию
металлургической техники для
нужд военного дела.
На фото – профессора
и преподаватели Михайловской
артиллерийской академии
(второй слева в первом ряду –
Д. К. Чернов). Санкт-Петербург,
1893 г.



Диплом пожизненного члена
Русского технического общества,
выданный Д. К. Чернову.
Санкт-Петербург, 1884 г.

«КРИТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ» РУССКОГО МЕТАЛЛУРГА

С древнейших времен человек стремился улучшить свойства металла то нагревая, то охлаждая его, но полностью управлять этими процессами он не мог. Только в 60-е гг. XIX в. была установлена взаимосвязь между температурой нагрева, структурой железа и его свойствами. Честь этого основополагающего для металлургии открытия принадлежит русскому инженеру Д. К. Чернову.

В 1866 г. молодой инженер, окончивший Петербургский технологический институт, поступил на Обуховский завод – крупнейший в России центр сталеплужного производства. Занимаясь по долгу службы бракованными деталями, он на протяжении двух лет изучал влияние различных факторов на качество раскаленных стальных слитков. В результате он пришел к выводу о существовании определенных критических точек нагрева, при которых происходит изменение структуры металла и его свойств.

Чернов изложил свои выводы в Записках Русского технического общества. Вокруг них тотчас разгорелись горячие научные споры. Они не утихали на протяжении двадцати лет, пока в 1886 г. известный французский исследователь Ф. Осмонд не подтвердил выводы Чернова, применив только что изобретенный термоэлектрический пирометр Ле-Шателье.

Открытия русского исследователя, опередившие свое время, легли в основу будущего научного металлове-

дения, послужив источником формирования многих современных технологий литья. Как выразился известный французский ученый-металлург А. Портвен, труды Чернова явились «фундаментом для последующего удивительного прогресса в области металлургии стали, для которой вторжение науки оказалось поистине революционным... Столь прекрасная жизнь, получившая мировую оценку, делает великую честь России!»*

Дмитрий Константинович прожил долгую, насыщенную событиями, жизнь. Его разносторонние дарования и активная жизненная позиция привлекали к нему людей самых разных профессий. Он состоял в переписке с известными государственными и общественными деятелями, учеными и инженерами из России и зарубежья.

В Отделе письменных источников Политехнического музея хранится личный фонд Чернова. На основе материалов этого фонда было проведено несколько выставок, а к 160-летию ученого, которое отмечалось в 1999 г., в экспозиции музея был открыт раздел, посвященный творчеству этого выдающегося ученого-металлурга.

*Старший научный сотрудник
С. Г. Морозова
(Политехнический музей, Москва)*

* Albert Portevin. Дмитрий Константинович Чернов (1839–1921) // Дмитрий Константинович Чернов (1839–1921). Очерки из жизни и деятельности, посмертные произведения и избранная переписка. Пг. 1923. С. 25



Гордостью Политехнического музея является фонд редких и ценных изданий. В настоящее время он насчитывает 11 тыс. экземпляров, в его собрании — западноевропейские издания XVI и XVII вв., первые русские технические книги, самое полное в России собрание дореволюционной технической периодики, книги с автографами выдающихся ученых



Пишущая машина «Импириал».
Англия, 1920-е гг.

После войны, в период восстановления народного хозяйства, в стране остро встал вопрос квалифицированных кадров и современной техники. Группа ученых и общественных деятелей под руководством Президента Академии наук СССР академика С. И. Вавилова выступила с инициативой создания Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний среди широких слоев населения. Так появилось знаменитое общество «Знание», и Политехнический перешел под его управление. Лаборатории и лекционные залы снова стали пристанищем для научной мысли. В 1950-е гг. в Политехническом выступали такие видные популяризаторы науки, как физик А. Ф. Иоффе, геолог Д. И. Щербаков, физиолог Л. А. Орбели, механик И. И. Артоболевский, полярный исследователь О. Ю. Шмидт.

На все важные события в истории науки и техники Политехнический откликался новыми экспозициями и выставками. В 1950—1960-е гг. в музее открылись экспозиции радиоэлектроники и электросвязи, ядерной энергетики, химии полимеров, автоматики, вычислительной техники, космонавтики.



В отделе космонавтики представлена вся история освоения человеком космического пространства. Здесь и модель межпланетного корабля, сделанная по описаниям К. Э. Циолковского, и полетный скафандр, и аэростатный зонд, и многие другие уникальные экспонаты. Особый интерес представляет манекен человека, изготовленный из материала, близкого по составу к мышечной ткани человека и предназначенный для изучения воздействия радиации в условиях космического полета. В 1968—1970 гг. манекен проходил испытания в реальных условиях околоземного пространства. *Политехнический музей, отдел космонавтики*

Политические события, произошедшие в конце XX в., заставили по-новому взглянуть на роль музея в жизни российского общества. Перед работниками Политехнического встала непростая задача: не только сохранить накопленное, но и разработать новую «систему координат», которая позволит музею жить и развиваться в новых экономических условиях.

Политехнический сегодня – это главный музей России, представляющий историю отечественной науки и техники. Он живет и развивается, сохраняя традиции просветительства, восприимчивости к новому и глубокого интереса к достижениям науки и техники, заложенные в нем его основателями. Пережив непростой период своей истории, тесно связанной с судьбой Российского государства, и сохранив в своих стенах уникальные коллекции, Политехнический с уверенностью смотрит в будущее.

Литература

Анисимов А. И. *Наш Политехнический: Страницы истории*. М.: Знание, 1983. 192 с.

Двадцатипятилетие Музея прикладных знаний в Москве. 30-е нояб. 1872 г. – 30-е нояб. 1897 г. // Высочайше утвержд. Комитет по устройству Музея прикл. знаний в Москве. М., 1898. 81 с.

Поздняков Н. Н. *Политехнический музей и его научно-просветительская деятельность (1872–1917)* // *Ист. муз. дела: Сб. ст. Вып. 1*. 1957. С. 129–160.

Программа Морского отдела Московской Политехнической выставки. СПб., 1872. 14 с.

Пятидесятилетие Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1863–1913 / Сост. В. В. Богданов. М.: Тип. Тов-ва Рябушинских, 1914. 252 с.

Сквозь призму времени: Политехнический музей вчера, сегодня, завтра / Сост. Я. Д. Барский. М.: Знание, 1987. 176 с.

Соловьев С. М. *Публичные чтения о Петре Великом*. М., 1872. 135 с.



Грибные раритеты



На протяжении ряда лет микологи лаборатории низших растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск) проводят исследования по изучению разнообразия грибов Сибири. Обширный и богатейший регион России остается в этом отношении по-прежнему слабо изученным, несмотря на многочисленные экспедиции зарубежных и отечественных ученых.

На сегодняшний день в Западной Сибири обнаружено более 2 тыс. видов *макромицетов* — грибов, образующих плодовые тела, видимые невооруженным глазом. Благодаря ежегодным полевым исследованиям сибирских микологов богатая коллекция макромицетов юга Западной Сибири ЦСБС СО РАН постоянно пополняется новыми находками.

Однако необычные или редкие виды грибов можно встретить не только в природе, но и на садовом участке. Именно так был обнаружен необыкновенный гриб — *диктиофора сдвоенная*, или *сетконоска* (*Dictyophora duplicata* (Bosc) E. Fisch., сем. Phallaceae). Плодовые тела видов этого семейства в начале роста представляют собой «яйцо», из которого достаточно быстро образуется ножка губчатой структуры, покрытая в верхней части слизистой спороносной тканью с очень неприятным запахом. Однако этот запах привлекателен для насекомых — распространителей спор гриба.

От веселки обыкновенной (*Phallus impudicus* Pers.) гриб отличается наличием на ножке ажурной сеточки, благодаря чему он получил романтическое название «дама с вуалью» (*фото вверху*). Диктиофора сдвоенная встречается довольно редко и в самых неожиданных местах, предпочитая богатую перегноем почву. Вид занесен в Красную книгу РФ (2008) и Красную книгу Новосибирской области (2008).

О гигантском дождевике слышали многие, но мало кому довелось увидеть это чудо своими глазами. Первая наша встреча с *лангерманией гигантской* (*Calvatia*

gigantea (Batsch) Lloyd [*-Langermannia gigantea* (Batsch) Rostk.], сем. Agaricaceae) состоялась в Горном Алтае (*фото внизу справа*). О находке гигантского дождевика на севере Новосибирской области сообщили также сотрудники Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск) (*фото внизу слева*).

Гриб действительно удивляет своими размерами. Известно, что его плодовые тела могут достигать 150 см в диаметре и более 10 кг весом — самые крупные экземпляры занесены в «Книгу рекордов Гиннеса». Обычно гриб напоминает футбольный мяч, однако на Алтае нам попадались плодовые тела с разнообразными, иногда причудливыми формами.

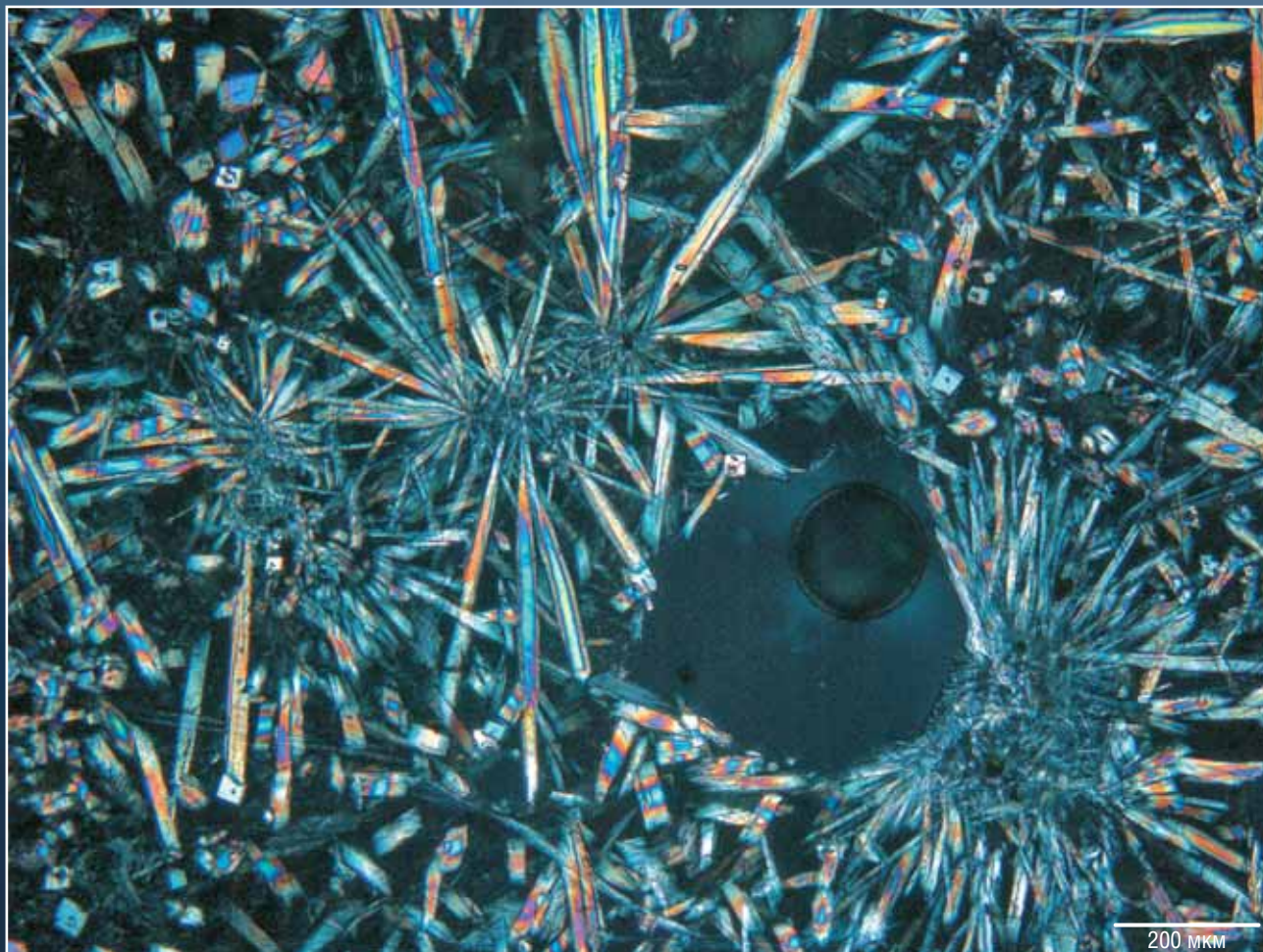
Мякоть у молодых плодовых тел снежно-белая, с запахом йода, на вкус приятная. В этом возрасте гриб можно употреблять в пищу, например, в жареном виде. Это действительно вкусно! И главное, всего одним гигантским плодовым телом можно накормить целый экспедиционный отряд!

Известно, что лангермания содержит антибиотическое вещество кальвацин (Денисова, 2001), поэтому ее мякоть может служить прекрасным антибактериальным средством, а споры гриба способны остановить кровотечение. При необходимости белую мякоть лангермании, как и других дождевиков, можно использовать вместо бактерицидного пластыря.

Жаль, что такой замечательный гриб, как гигантский дождевик, встречается в Сибири не часто. Вид занесен в Красную книгу Алтайского края (2006) и Красную книгу Республики Алтай (2007).

К. б. н. И. А. Горбунова (Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск).
Фото С. Гашкова, А. Королюка, Е. Давыдова
(ЦСБС СО РАН), В. Музыки (ИСИЭЖ СО РАН)

Исследования поддержаны РФФИ (проект № 10-04-01025)



Плавленная порода – «звездочки» клинопироксена, погруженные в стекло. Образец с недавно открытого современного грязевулканического поля Алтын-Эмель. *Казахстан, 2010 г.*
Световая микроскопия (в поляризованном свете, в скрещенных николях).
Фото д.г.-м.н. Э.В. Сокол (ИГМ СО РАН, Новосибирск)