

Т. Г. РЯЩЕНКОИнститут земной коры СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия, ryashenk@crust.irk.ru**ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАПИСИ УНИКАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ СОБЫТИЙ
В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕЩЕРЫ ГОРОМЭ (ОКИНСКОЕ ПЛАТО)**

Изучены аргиллиты, глины, тонкозернистые пески со следами связности и песчаный аллювий пещеры Горомэ (Окинское плато в Восточном Саяне). Впервые рассмотрены результаты минерального состава терригенных компонентов легкой и тяжелой фракций этих отложений, полученные методом количественного иммерсионного анализа. Морфологические особенности минералов свидетельствуют об отсутствии следов окатанности; преобладание рудных компонентов определяет повышенную массу тяжелой фракции в глинах и песках; наибольшая степень химической зрелости отмечается в аргиллитах. Установлены общие и частные особенности легких и тяжелых минералов; выявлено присутствие большого количества агрегатов и углистых включений со структурой древесины в составе легкой фракции, а также частиц метеоритов среди тяжелых компонентов. Для глин и аргиллитов методом фазового рентгеноструктурного анализа определен состав глинистых минералов, среди которых преобладает смектит слабой степени трансформации. Высокое содержание агрегатов в пещерных аргиллитах, глинах и тонкозернистых песках подтверждается результатами исследований по методу «Микроструктура». Рассматриваются предположения (гипотезы) относительно углистых включений, метеоритных частиц и формирования агрегатов. Древесная микроструктура в углистых включениях может свидетельствовать о наличии следов кострищ в пещере; появление метеоритных частиц, возможно, связано с переотложением «надземных» осадочных пород. Предложены два варианта образования эпигенетических агрегатов: в условиях положительных температур в результате переменного увлажнения—высыхания осадка; в условиях отрицательных — в результате перестройки микроструктуры под влиянием физико-химических процессов.

Ключевые слова: минералы легкой и тяжелой фракций, агрегаты, углистые включения, частицы метеоритов, коэффициенты зрелости и устойчивости, глинистые минералы.

T. G. RYASHCHENKOInstitute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
ul. Lermontova, 128, Irkutsk, 664033, Russia, ryashenk@crust.irk.ru**LITHOLOGICAL RECORDS OF UNIQUE NATURAL EVENTS
IN ARGILLO-ARENACEOUS SEDIMENTS OF THE GOROME CAVE (OKA PLATEAU)**

Argillites, clays and fine-grained sands with traces of connectivity and sandy alluvium from the Gorome cave (Oka plateau in Eastern Sayan) were studied. Results on the mineral composition of terrigenous components of light and heavy fractions of these sediments are considered for the first time. They were obtained by the method of quantitative immersion analysis. The morphological features of minerals indicated that there were no traces of roundness; a predominance of ore components is responsible for the increased mass of heavy fraction in clays and sands; the highest degree of chemical maturity was observed in argillites. The general and particular features of light and heavy minerals were established; the presence of a large number of aggregates and carbon-bearing inclusions with the structure of wood in the composition of light fraction as well as meteoritic particles among heavy components was observed. The method of phase X-ray diffraction analysis was used to determine the composition of clay minerals among which smectite of a weak degree of transformation prevailed. A high content of aggregates in cave argillites, clays and fine-grained sands was confirmed by results of studies using the "Microstructure" method. The assumptions (hypotheses) concerning carbon-bearing inclusions, meteoritic particles and the formation of aggregates were considered. The woody microstructure in carbon-bearing inclusions can give evidence for fire sites in the cave, and the presence of meteoritic particles is likely due to redeposition of "above-ground" sedimentary rocks. Two variants of the formation of epigenetic aggregates are suggested: in conditions of positive temperatures as a result of variable moisturizing or drying out of the precipitate; at negative temperatures, as a result of the microstructure rearrangement under the influence of physicochemical processes.

Keywords: minerals of light and heavy fractions, aggregates, carbon-bearing inclusions, meteoritic particles, coefficients of maturity and stability, clay minerals.

ВВЕДЕНИЕ

Песчано-глинистые отложения, распространенные в пещерах, изучаются крайне редко. В качестве примера можно привести работу по глинистому элювию и брекчиям с глинистым цементом нескольких пещер Западного Урала, в которой выдвигается альтернативная гипотеза формирования карстовых полостей в карбонатных породах [1]. Некоторые сведения о генетических типах и строении разрезов пещерных отложений приведены в [2]. В пещере Ледяной Папоротник, расположенной в районе оз. Индер в породах верхнепермской гипсовой формации (Северный Прикаспий, Казахстан), описаны криогенные минеральные образования, представленные «гипсовой мукой» криохимического происхождения [3].

На территории юга Восточной Сибири аналогичные исследования не проводились, несмотря на широкое развитие карбонатного, гипсового и соляного карста в границах Иркутского амфитеатра. В работе [4] приводятся сведения об образовании здесь более 300 пещер, чему способствовали геологические и климатические условия.

Первые описания пещер на территории Иркутского амфитеатра выполнены в 1789 г. Э. Лаксманом [5]. Карст Иркутского амфитеатра с учетом его инженерно-геологической оценки в зонах влияния Братского, Усть-Илимского и Богучанского водохранилищ исследовали сотрудники Института земной коры СО РАН (ИЗК СО РАН) Г. П. Вологодский [6] и В. М. Филиппов [7, 8].

Изучение песчано-глинистых пещерных отложений началось недавно, после передачи в грунтоведческую группу лаборатории инженерной геологии и геоэкологии ИЗК СО РАН образцов, отобранных в пещере Горомэ сотрудником Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН Д. В. Кобылкиным. Результаты изучения геохимических показателей, параметров микроструктуры и некоторых свойств этих образцов опубликованы [9]. Впервые были получены данные по минералогии терригенных компонентов тех же объектов (аргиллиты, глины, пески), позволившие выявить их общие и частные особенности, объяснить некоторые «загадочные» явления, а также с привлечением материалов по изучению микроструктурных параметров глин пещеры Охотничьей [10] рассмотреть гипотезу о формировании агрегатов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Пещера Горомэ, открытая местными охотниками в 2006 г., расположена в пределах Окинского плато в Восточном Саяне (Республика Бурятия) и образована в известняках в зоне тектонических разломов (рис. 1). В 2007–2008 и 2014 г. сотрудниками Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН и Института монголоведения, буддологии и тибетологии СО РАН здесь были проведены детальные работы, изучен видовой состав найденных остатков фауны млекопитающих и отобраны образцы отложений, покрывающих дно (сухие сильно пылеватые пещерные глины, пески) и образующих по стенкам литифицированные глинистые разновидности (полосчатые аргиллиты) [11, 12]. Обнаружен скелет пещерной гиены, радиоуглеродным методом определен ее абсолютный возраст, составивший $26\ 180 \pm 810$ л. (ЛУ-7588) [12], что соответствует финальной части каргинского межледниковья. В сартанское время территория Восточного Саяна подвергалась оледенению, но

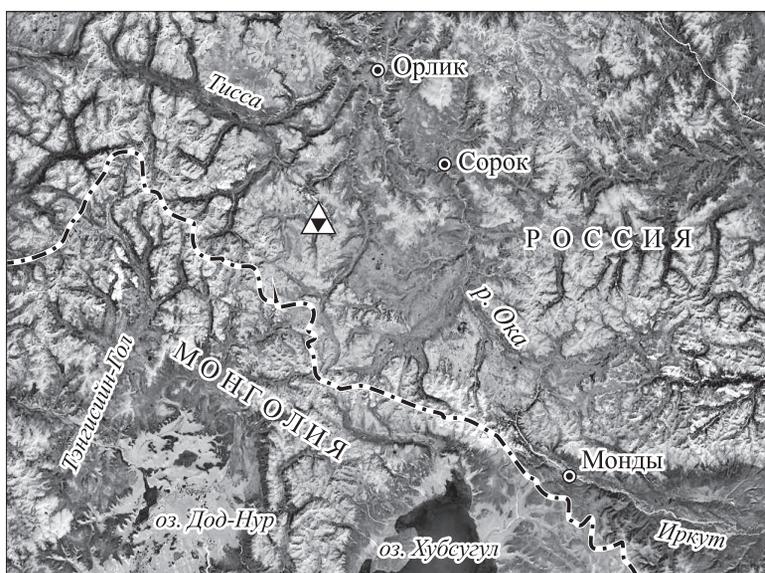


Рис. 1. Местоположение пещеры Горомэ.

1 — пещера Горомэ; 2 — населенные пункты; 3 — граница с Монголией.

▲ 1 ● 2 - - - 3

ледник находился выше пещеры, поэтому скелет гиены не был тронут талыми водами, тем не менее по стенкам пещерных залов наблюдаются горизонтальные фасетки — следы первичного пещерообразующего водного потока.

Минеральный состав определялся для шести образцов (ранее, как указывалось выше, была получена информация о параметрах их микроструктуры): arg1, arg2 — аргиллиты с хорошо выраженной горизонтальной или волнистой слоистостью за счет чередования темно-серых и охристых полос толщиной 0,2–0,3 мм, быстро размокающие в воде; gln1, gln2 — глины серые и светло-серые, пылеватые, на изломе мелких кусочков заметна тонкая слоистость; ps1 — песок желтовато-серый, тонкозернистый, пылеватый, со следами связности; ps2 — песок коричневатого-серый, среднезернистый (пещерный аллювий).

Для аргиллитов, глин и песков определен минеральный состав терригенных компонентов фракции 0,25–0,05 мм. Использован количественный иммерсионный метод, с помощью которого в указанной фракции выделены легкие (плотность <2,9 г/см³) и тяжелые (>2,9 г/см³) минералы и рассчитано их процентное содержание. Просмотр проводился с помощью поляризационного микроскопа при увеличении в 160 раз (8×20^x) (определения выполнены в лаборатории геологии и магматизма древних платформ ИЗК СО РАН инженером-минералогом И. А. Калашниковой). Для легкой фракции рассчитан коэффициент зрелости (Kz), представляющий собой отношение содержаний кварца (кв) и плагиоклаза (пл): $Kz = \text{кв}/\text{пл}$. Для тяжелой фракции рассчитан коэффициент устойчивости (КУ), равный отношению содержаний относительно устойчивого к процессам выветривания граната (гр) и суммы слабоустойчивых минералов, к числу которых относятся пироксен (пр), амфибол (роговая обманка) (ам) и эпидот (эп): $KУ = \text{гр}/[(\text{пр} + \text{ам} + \text{эп})]$.

Для четырех образцов (аргиллиты — arg1, arg2; глины — gln1, gln2) методом рентгеноструктурного анализа (РСА) [13] определен фазовый состав глинистых минералов (фракция <0,001 мм) (исследования выполнены в Центре коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН инженером-аналитиком Т. С. Филёвой).

Микроструктурные параметры традиционно определялись по методу «Микроструктура» [9, 14, 15] в грунтоведческой группе лаборатории инженерной геологии и геоэкологии ИЗК СО РАН (инженер-аналитик М. В. Данилова).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты количественного иммерсионного анализа терригенных компонентов представлены в табл. 1. Рассмотрим каждый образец отдельно.

Аргиллит (arg1). Легкая фракция почти полностью (96 %) состоит из угловатых и частично окатанных агрегатов (0,05–0,20 мм); бесцветные угловатые обломки кварца и плагиоклазов составляют всего 3,6 %. Отмечаются единичные бурые и зеленовато-желтые блестящие пластинки биотита, единичные зерна бесцветного мусковита и изумрудно-зеленого хлорита.

Тяжелая фракция (масса 0,0020 г) включает магнетит (16 %)-гётит (21,6)-гранат (22,4)-пироксеновую (27,2 %) минеральную ассоциацию (пироксены представлены диопсидом). В качестве второстепенной примеси (<5 %) отмечены ильменит, роговая обманка, сфен; обнаружены черные блестящие шарики метеоритов идеальной формы. Ведущие компоненты характеризуются следующими морфологическими признаками: диопсид — зеленоватый и бесцветный угловато-призматической формы; гранат — розоватые и бесцветные прозрачные остроугольные обломки; гётит — ржаво-бурые пластинчатые корочковидные формы и угловатые зерна бурого-желтого цвета; магнетит — землисто-серые преимущественно бесформенные обломки, собранные в цепочку.

Глина (gln1). Основная часть легкой фракции представлена агрегатами, но их меньше, чем в аргиллитах, — это крошки (0,05–0,10–0,15 мм) или угловато-окатанные формы. Содержание кварца и плагиоклаза увеличивается (калишпаты, как и в аргиллитах, отсутствуют). Обнаружены: углистое вещество (2 %) — черные блестящие крошки (древесный уголь из кострища?); кварц — бесцветные прозрачные и полупрозрачные угловатые обломки; плагиоклаз — бесцветные остроугольные обломки призматической формы; биотит — красно-бурые, относительно свежие пластинки.

Тяжелая фракция (масса 0,0111 г) характеризуется ильменитовой (57,6 %) минеральной ассоциацией с заметной примесью гётита, магнетита и эпидота. В качестве второстепенных минералов (<5 %) присутствуют пироксены (диопсид, гиперстен), гранат, роговая обманка. Обнаружены единичные зерна апатита, ставролита, циркона, сфена, а также метеориты в виде черных блестящих шариков; появляется аутигенный лейкоксен.

Минеральный состав легкой и тяжелой фракций отложений пещеры Горомэ, %

Компонент	Отложения				
	аргиллит (arg1)	глина (gln1)	глина (gln2)	песок тонко-зернистый (ps1)	песок средне-зернистый (ps2)
Легкая фракция					
Кварц	2	14,4	16	16,4	6
Плагиоклаз	1,6	15,2	12,8	43,6	7,2
Калишпат	—	—	1,6	—	—
Биотит	0,4	0,4	0,4	0,8	—
Мусковит	+	—	0,4	0,4	—
Хлорит	+	—	—	—	—
Угlistое вещество		2	0,8	2,8	0,8
Агрегаты	96	68	68	36	86
Тяжелая фракция					
Магнетит	16	6	10	8	6
Ильменит	4	57,6	16	14	10
Гётит	21,6	13	32,8	30,6	18
Гранат	22,4	3,8	2,6	0,6	0,6
Циркон	—	0,2	—	0,2	—
Сфен	2,4	0,2	—	0,2	0,4
Роговая обманка	3,2	3	5,8	9,6	7,4
Диопсид	27,2	4	19,2	29	48
Гиперстен	—	0,6	2	—	—
Эпидот	3,2	7,6	4	3,6	3,6
Апатит	—	0,2	—	0,4	—
Ставролит	—	0,2	0,2	—	—
Силлиманит	—	—	—	0,2	—
Лейкоксен	—	3,6	7,4	3,6	6
Пирит	—	—	+	—	—
Корунд	—	—	+	—	—
Метеориты	+	+	+	+	—

Примечание. «—» — компонент не обнаружен, «+» — отмечены единичные зерна минерала.

Ильменит (ведущий компонент, за счет которого в шесть раз увеличивается масса тяжелой фракции в глине по сравнению с аргиллитом) представляет собой черные блестящие остроугольные обломки пластинчатой формы (0,05–0,08 мм); гётит — ржаво-бурые плотные угловатые обломки и бурожелтые бесформенные агрегаты (до 0,25 мм); эпидот — зеленоватые прозрачные и полупрозрачные угловатые обломки изометричной формы; магнетит — землисто-черные агрегаты, собранные в цепочку; лейкоксен — белесо-желтые умеренно окатанные зерна.

Глина (gln2). Легкая фракция по составу аналогична описанному выше образцу (gln1), только в небольшом количестве (1,6 %) появляются калишпаты. Обнаружены углистые включения в виде черных блестящих мелких мягких кусочков (древесный уголь?).

Тяжелая фракция (масса 0,0143 г) имеет иную минеральную ассоциацию: магнетит (10 %)-ильменит (16)-пироксен (21,2)-гётитовую (32,8 %). Пироксены представлены диопсидом и гиперстеном, увеличивается содержание лейкоксена (7,4 %). В числе второстепенных минералов обнаружены гранат, эпидот, ставролит (<5 %), отмечены единичные черные шарики метеоритов, водяно-прозрачные остроугольные обломки корунда и латунно-желтого пирита.

Из компонентов преобладает гётит в виде ржаво-бурых корочковидных угловатых обломков и мягких буровато-желтых зерен. В составе пироксенов доминирует диопсид — буроватые и зеленоватые призматические обломки с игольчатыми концами, гиперстен (2 %) — коричневатые обломки табличной и призматической формы. Магнетит представлен землистыми черными агрегатами, собранными в цепочку, ильменит — черными блестящими остроугольными обломками пластинчатой формы (0,05–0,08 мм).

Песок тонкозернистый (связный) (ps1). В легкой фракции снижается содержание агрегатов (до 36 %), но они присутствуют в виде полуокатанных и окатанных зерен. Минеральная ассоциация изменяется на кварц (16,4 %)-плагиоклазовую (43,6 %). Отмечены биотит и мусковит, в заметном количестве углистое вещество (2,8 %). Кварц присутствует в виде бесцветных, прозрачных и полупрозрачных угловатых обломков, плагиоклаз — бесцветных прозрачных остроугольных обломков призматической формы.

Тяжелая фракция (масса 0,0243 г) характеризуется ильменит (14 %)-пироксен (29)-гётитовой (30,6 %) минеральной ассоциацией (за счет гётита и ильменита отмечается максимально высокая масса фракции); второстепенные компоненты (<5 %) — гранат, циркон, сфен, апатит, силлиманит, аутигенный лейкоксен. Увеличивается содержание роговой обманки (до 9,6 %), присутствуют магнетит (8 %), метеориты в виде единичных черных блестящих шариков.

Ведущий компонент представлен гётитом — ржаво-бурыми пластинчатыми корочковидными обломками (0,05–0,20 мм). Пироксен (диопсид) отмечен в виде бесцветных или с зеленоватым оттенком буроватых остроугольных призматических зерен с пильчатыми концами, ильменит — черных блестящих остроугольных пластинок (0,05–0,10 мм). Амфиболы (роговая обманка) представляют собой темно-зеленые и зеленые обломки призматической формы, угловатые и полуокатанные; магнетит — землисто-черные и блестящие собранные в цепочку агрегаты.

Песок среднезернистый — пещерный аллювий (ps2). В легкой фракции основную массу составляют агрегаты (86 %) — коричневые и белесо-коричневые умеренно окатанной формы. Кварц и плагиоклазы в виде бесцветных прозрачных и полупрозрачных угловатых обломков присутствуют почти в равных количествах (6 и 7,2 % соответственно). Обнаружен углистый материал в виде черных блестящих остроугольных фрагментов неправильной формы со структурой древесины (уголь из кострища?).

Тяжелая фракция (масса 0,0131 г) представлена ильменит (10 %)-гётит (18)-пироксеновой (48 %) минеральной ассоциацией. Отмечаются роговая обманка, магнетит, эпидот, аутигенный лейкоксен (3,6–7,4 %), а также немногочисленные зерна граната и сфена. Обнаружены пироксен (диопсид) — бесцветные или зеленоватые прозрачные призматические умеренно-окатанные обломки; гётит — ржаво-бурые плотные корочковидные формы или желто-бурые мягкие зерна; ильменит — черные блестящие пластинчатые остроугольные обломки; лейкоксен — белесо-желтые и серые обломки уплощенной формы. Шарик метеоритов отсутствуют.

По результатам анализа состава легкой и тяжелой фракций аргиллита, глин и песков можно выделить их общие и частные особенности. К числу общих признаков относятся обязательное присутствие

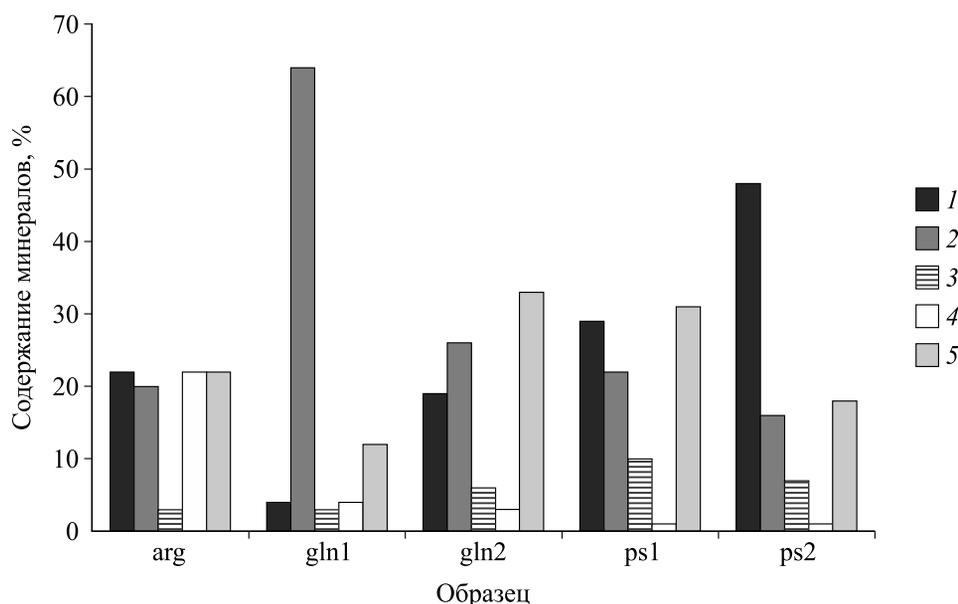


Рис. 2. Содержание основных минералов в тяжелой фракции пещерных песчано-глинистых отложений.

arg — аргиллит; gln1 — глина; gln2 — глина песчаная; ps1 — песок тонкозернистый (связный); ps2 — песок среднезернистый (пещерный аллювий). Минералы: 1 — пироксен, 2 — рудные, 3 — амфибол, 4 — гранат, 5 — гётит.

Таблица 2

Коэффициенты зрелости (легкая фракция)
и устойчивости (тяжелая фракция)

Образец	Коэффициент зрелости (Kz)	Коэффициент устойчивости (КУ)
arg1	—	0,67
gln1	1,0	0,25
gln2	1,25	0,08
ps1	0,38	0,02
ps2	0,83	0,01

Примечание. Прочерк — коэффициент не рассчитывался.

агрегатов в легкой фракции (от 36 до 96 %); для обломочного материала легкой и тяжелой фракций не наблюдается окатанности; почти постоянно отмечаются углистые включения со структурой древесины (явные следы древних кострищ по берегам водного потока, где и формировался пещерный песчаный аллювий), нет этих включений только в аргиллитах, которые формировались по стенкам пещеры; в образцах обнаружены единичные зерна метеоритов идеальной сферической формы (исключение — песок пещерного аллювия).

Характерные черты распределения тяжелых минералов в песчано-глинистых отложениях пещеры Горомэ (рис. 2) следующие: пироксены, рудные и гётит — постоянные участники тяжелой фракции; амфиболы и гранат находятся в угнетенном состоянии, за исключением аргиллитов, в которых содержание гранатов возрастает до 22 %. Частные особенности минерального состава образцов также хорошо заметны на графике: в аргиллите пироксен, рудные минералы, гранат и гётит находятся почти в равном количестве; для глин характерно преобладание рудных; в песках снижается содержание рудных минералов за счет пироксенов, гранатов почти нет, но возрастает содержание амфиболов (см. рис. 2).

Рассчитаны коэффициенты зрелости (Kz) и устойчивости (КУ) (табл. 2). Для аргиллита ввиду большого количества агрегатов в легкой фракции расчет Kz особого смысла не имеет. По величине Kz наименьшей химической зрелостью характеризуются пески (0,38–0,83), наибольшей — глины (1–1,25).

Коэффициент устойчивости также указывает на то, что пески почти не подвергались процессам химического выветривания (КУ = 0,01–0,02): в них значительно содержание неустойчивых компонентов, прежде всего пироксенов и роговой обманки. Для глин КУ увеличивается (до 0,25), для аргиллитов достигает максимального значения (0,67). Тем не менее к числу общих особенностей пещерных песчано-глинистых отложений следует отнести их слабую химическую переработку.

Глинистые минералы. В аргиллитах и глинах в составе фракции <0,001 мм преобладает смектит (магнийсодержащий или кальциевый, несовершенной структуры), в меньшем количестве присутствует гидрослюда с разбухающими смектитовыми пакетами, каолинит и смешаннослойные минералы (гидрослюда–смектит; каолинит–смектит; хлорит–смектит) [9]. Смектит иногда называют «эмбриональной» кристаллической фазой, которая может трансформироваться в устойчивые слоистые силикаты [16]. Учитывая слабые химические преобразования пещерных отложений, установленные по данным легких и тяжелых терригенных компонентов, можно предположить, что в аргиллитах и глинах особой трансформации «первичного» смектита не произошло.

Дискуссионные вопросы. *Углистые включения.* Откуда появились углистые включения в виде блестящих остроугольных фрагментов неправильной формы со структурой древесины? Их нет только в аргиллитах, которые располагались по стенкам пещеры. Вероятно, это следы древних кострищ (включения — остатки древесного угля), обустроенных на стоянках человека вдоль водного потока в пещере.

Метеориты. Особую загадку представляют шарики метеоритов, отмеченные во всех образцах, кроме среднезернистого песка пещерного аллювия. Обратимся к литературе. Впервые «сферы» (шарики метеоритного вещества) были описаны в 1970-х гг. Э. С. Мюрреем, который их обнаружил в глубоководных океанических красных глинах и считал объектами космической пыли [17]. В настоящее время предложены три гипотезы относительно присутствия метеоритных частиц в осадочных отложениях — земная, космическая и техногенная [18]. Наиболее вероятной из них считаем земную. Если возраст останков гиены, обнаруженных в пещере, — 26–30 тыс. лет, значит, пещера Горомэ образовалась еще раньше, и, возможно, при участии первичного пещерообразующего водного потока метеоритные сферические частицы были занесены в ее пределы при разрушении каких-либо «надземных» осадочных пород. Так, в работе [17] исследовано присутствие микросфер космического происхождения в каменноугольных отложениях разреза Усолка в Предуральском прогибе. Сферические включения в аргиллитах, глинах и связных песках пещеры Горомэ можно рассматривать в качестве вторично переотложенного космического материала. Отсутствие их в пещерном песчаном аллювии, вероятнее всего, обусловлено водным транзитом.

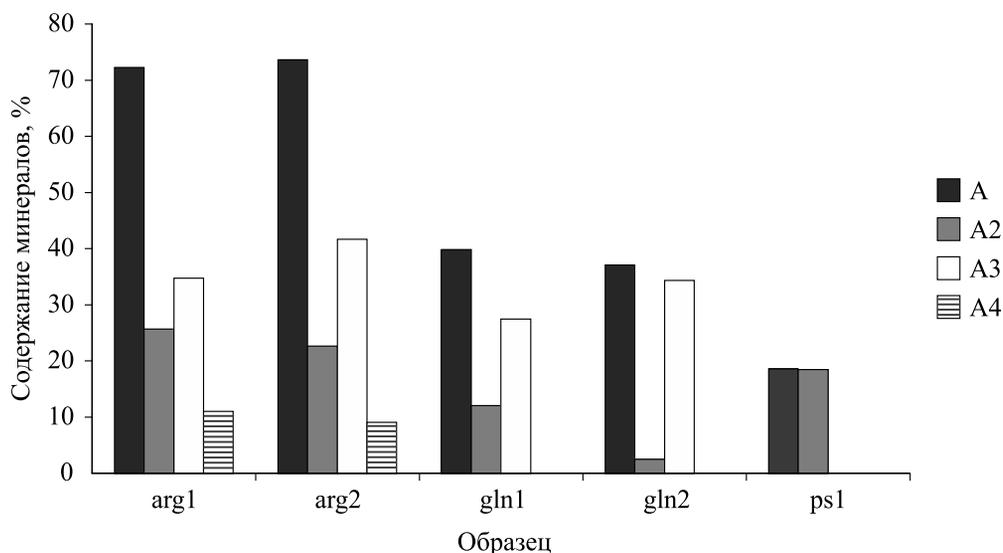


Рис. 3. Распределение агрегатов и их разновидностей в отложениях пещеры Горомэ.

arg1, arg2 — аргиллиты; gln1, gln2 — глины; ps1 — песок тонкозернистый (связный). Содержание агрегатов и их разновидностей, %: А — общее, А2 — тонко-мелкопесчаных (0,25–0,05 мм), А3 — крупнопылеватых (0,05–0,01), А4 — мелкопылеватых (0,01–0,002 мм) [9].

Агрегаты. Следующий вопрос связан с агрегатами, которые в большом количестве были обнаружены в составе легких фракций пещерных образцов. Это явление вполне объяснимо. Присутствие агрегатов в пещерных аргиллитах, глинах и песках показали результаты исследований по методу «Микроструктура» (рис. 3) [9]. Если при описании легких фракций отмечалось, что видимые в микроскоп агрегаты имеют глинисто-слюдистый состав, то после определения по данному методу было установлено, что главным строительным материалом служат частицы <0,001 мм, представленные преимущественно смектитом с самым низким коэффициентом свободы первичных частиц (1–7 %).

О гипотезе формирования агрегатов. Пещера Горомэ — сухая, холодная (до –4 °С), очень пыльная, но в период сартанского оледенения ледник располагался выше, поэтому талые ледниковые потоки в пещере отсутствовали [12]. По этой причине можно предположить, что Горомэ не относится к ледяным пещерным объектам. Видимо, агрегаты, в большом количестве обнаруженные в аргиллите, глинах и тонкозернистом песке при просмотре их легких фракций и расчетах по методу «Микроструктура», являются вторичными образованиями в условиях переменного увлажнения–высыхания осадка в зоне преимущественно положительных температур.

В то же время пещера Охотничья, расположенная в пределах Приморского хребта на расстоянии около 5 км от побережья Байкала, относится к группе объектов, где обнаружены особые криогенные минералы, образование которых связано с отрицательными температурами (в прошлом здесь существовали мощные толщи льда) [19, 20]. При изучении глин этой пещеры по методу «Микроструктура» установлено очень высокое содержание в них агрегатов (41–88 %). На основании этих данных высказано предположение о том, что криогенный фактор, способствующий формированию особых криогенных минералов в пещере Охотничьей, привел к перестройке микроструктуры пещерных отложений за счет агрегирования тонкоглинистых фракций [10].

Таким образом, на примере пещерных песчано-глинистых отложений подтверждается правомерность следующих гипотез формирования эпигенетических (вторичных) агрегатов: 1) в условиях преимущественно положительных температур в процессе переменного увлажнения–высыхания; 2) в условиях отрицательных температур в результате физико-химических процессов перестройки микроструктуры. Эти выводы согласуются с гипотезами формирования просадочности (но не агрегатов) лёссовых пород А. В. Минервина и Е. М. Сергеева — гипергенно-дегидрационной и криоэлювиальной [21].

В качестве «наземного» объекта, в котором также было обнаружено большое количество (до 70–80 %) агрегатов, использованы образцы палеоген-неогеновых глин, отобранных на о. Ольхон. При сравнении данных, полученных для глин пещеры Охотничьей и о. Ольхон, установлено их сходство по степени агрегированности, величине реальной глинистости и «несвободе» тонкоглинистого мате-

риала (эти частицы полностью находятся в составе агрегатов: коэффициент их свободы равен нулю) [10]. Причина агрегирования здесь иная: озерно-болотные комплексы этих глин пережили смену типа литогенеза — формировались в условиях теплого гумидного климата (халагайская свита — $P_3^3 - N_2^1$), но в плейстоцене ($Q_2 - Q_3$) оказались в перигляциальной зоне, появилась многолетняя мерзлота, которая неоднократно деградировала. В результате этих криогенных воздействий в глинах произошло вторичное агрегирование за счет первичного тонкоглинистого материала. Таким образом, в обоих случаях агрегаты являются эпигенетическими и их формирование связано с криогенным воздействием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые изучен минеральный состав песчано-глинистых отложений пещеры Горомэ на основе количественного иммерсионного анализа, по результатам которого установлены минеральные ассоциации легкой и тяжелой фракций, рассчитаны коэффициенты зрелости и устойчивости; среди легких минералов обнаружено большое количество (36–96 %) агрегатов.

Морфологические особенности терригенных легких и тяжелых минералов свидетельствуют об отсутствии следов окатанности; преобладание рудных компонентов определяет повышенную массу тяжелой фракции в глинах и песках; наибольшей степенью химической зрелости отличаются аргиллиты, наименьшей — пески.

К числу особых включений в легкой фракции относится углистое вещество со структурой древесины, в тяжелой — единичные зерна метеоритов в виде идеальной сферической формы. В первом случае можно предположить наличие следов кострищ на стоянках человека, во втором рассматривается гипотеза переотложения космического вещества из наземных осадочных отложений.

Предположение о формировании большого количества агрегатов в составе легкой фракции песчано-глинистых отложений пещеры Горомэ, подтвержденное результатами исследований по методу «Микроструктура», может быть сопоставлено с гипергенно-дегидрационной гипотезой В. А. Минервина и Е. М. Сергеева [21]. В то же время аналогичная ситуация по степени агрегированности глинистых отложений холодной пещеры Охотничьей связана, вероятнее всего, с криоэлювиальной гипотезой тех же авторов.

Криогенное происхождение агрегатов в наземных объектах (палеоген-неогеновые глины о. Ольхон) можно объяснить сменой типов литогенеза отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов В. А. Глинистые образования в карбонатных пещерах Урала // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. — 2009. — № 1, вып. 13. — С. 150–163.
2. Покалюк В. В., Матюшко А. А., Стефанишин И. М., Прохоренко В. П., Грачёв А. П., Мусияченко С. Т., Остапюк Д. П. Заполнитель пещеры Мушкарова Яма (Подолье) // Спелеология и спелестология: Материалы IV междунар. науч. заоч. конф. — Набережные Челны, 2013. — С. 22–27.
3. Головачёв И. В. Криогенные отложения пещер в районе озера Индер // Спелеология и спелестология: Материалы VI междунар. науч. заоч. конф. — Набережные Челны, 2015. — С. 16–19.
4. Трофимова Е. В. Пещеры Иркутского амфитеатра: проблемы использования и сохранения // Геоэкология. — 2009. — № 6. — С. 507–514.
5. Гвоздецкий Н. А. Проблемы изучения карста и практика. — М.: Мысль, 1972. — 392 с.
6. Вологодский Г. П. Карст Иркутского амфитеатра. — М.: Наука, 1975. — 124 с.
7. Усть-Илимское водохранилище. Подземные воды и инженерная геология территории / Под ред. М. М. Одинцова — Новосибирск: Наука, 1975. — 216 с.
8. Богучанское водохранилище. Подземные воды и инженерная геология / Под ред. М. М. Одинцова — Новосибирск: Наука, 1979. — 156 с.
9. Рященко Т. Г., Ухова Н. Н., Штельмах С. И. Песчано-глинистые отложения пещеры Горомэ: состав, микроструктура и свойства // Отечественная геология. — 2016. — № 4. — С. 63–68.
10. Рященко Т. Г., Пеллинен В. А. Параметры микроструктуры пещерных глинистых отложений и палеоген-неогеновых глин (сравнительный анализ) // Отечественная геология. — 2016. — № 1. — С. 53–61.
11. Иметхенов А. Б., Кобылкин Д. В., Морозов О. Н. Карстовый рельеф Окинского плоскогорья // Теория морфологии и ее приложение в региональных и глобальных исследованиях: Материалы Иркут. геоморф. семинара. Чтения памяти Н. А. Флоренсова (Иркутск, 20–24 сентября 2010 г.). — Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 2010. — С. 165–166.
12. Ташак В. И., Кобылкин Д. В. Исследование пещеры Горомэ на Окинском плато // Вестн. Бурят. науч. центра СО РАН. — 2015. — № 4. — С. 11–20.

13. **Ревенко А. Г.** Физические и химические методы исследования горных пород и минералов в Аналитическом центре ИЗК СО РАН // Геодинамика и тектонофизика. — 2014. — Т. 5 (1). — С. 101–114.
14. **Рященко Т. Г.** Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). — Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 2010. — 287 с.
15. **Рященко Т. Г., Акулова В. В., Ухова Н. Н., Штельмах С. И., Гринь Н. Н.** Лёссовые грунты Монголо-Сибирского региона. — Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 2014. — 241 с.
16. **Осипов В. И., Соколов В. Н.** Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. — М.: ГЕОС, 2013. — 576 с.
17. **Сунгатуллин Р. Х., Сунгатуллина Г. М., Закиров М. И., Цельмович В. А., Глухов М. С., Бахтин А. И., Осин Ю. Н., Воробьёв В. В.** Микросферы космического происхождения в каменноугольных отложениях разреза Усолка, Предуральский прогиб // Геология и геофизика. — 2017. — № 1. — С. 74–83.
18. **Грачёв А. Ф.** К вопросу о природе космической пыли в осадочных породах // Физика Земли. — 2010. — № 11. — С. 3–13.
19. **Базарова Е. П., Гутарева О. С., Кононов А. М., Ущиповская З. Ф., Нартова Н. В., Осинцев А. В.** Минералы пещеры Охотничья (Байкальский регион, Иркутская область) // Спелеология и карстология. — 2011. — № 7. — С. 5–14.
20. **Базарова Е. П., Кононов А. М., Гутарева О. С., Нартова Н. В.** Особенности криогенных минеральных образований пещеры Охотничья в Прибайкалье (Иркутская область) // Криосфера Земли. — 2014. — № 3. — С. 67–76.
21. **Трофимов В. Т.** Теоретические аспекты грунтоведения. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. — 114 с.

Поступила в редакцию 19 мая 2017 г.
