

Магнитные и микрозондовые исследования отложений палеолитической стоянки в мезмайской пещере (Северный Кавказ)

Г. А. Поспелова¹, Л. В. Голованова², В. Б. Дороничев², В. А. Цельмович³

¹Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва,

²АНО «Лаборатория доистории», Санкт-Петербург,

³Геофизическая Обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, п. Борок Ярославской обл.

Получено 31 марта 2010; опубликовано 5 июня 2010.

Статья посвящена результатам магнитных и микрозондовых исследований отложений уникальной многослойной палеолитической стоянки в Мезмайской пещере. Представлен анализ набора характеристик отложений. В породах всех 17 слоёв (от 4 до 1/1), возраст которых от >73 до 10 тыс. л. н., установлено, что породы слоя 1С обладают максимальной величиной магнитной восприимчивости (K) до 2500×10^{-6} СИ, которая связана с интенсивной, активной деятельностью древнего человека. Минимальная величина $K=50-57 \times 10^{-6}$ СИ соответствует породам слоя 2. Величина магнитных зерен пород разреза неоднородна. Наибольшие зерна в слоях средней части разреза. Суперпарамагнитная фракция имеет место в породах всех слоев. Этот факт подтверждает, что пещера была открыта во время формирования слоя 4. Основным носителем намагниченности пород в разрезе является магнетит, в 37% проб присутствуют также сульфиды, 20% проб содержит также незначительное количество гематита. Породы с сульфидами непригодны для палеомагнитных исследований. Детальным микрозондовым анализом определен химический состав слоев 1D, 2B-3 и 2B-1. В слоях 1D и 2B-1 установлено большое количество химических элементов (18), включая Co, Cr, Ni, V, Zn, Zr. Содержание железа, титана, хрома, марганца и других примесей от зерна к зерну варьирует. Микрозондовый анализ в слоях 1D и 2B-1 показал набор магнитных частиц с составами, которые характерны для вулканических пород. Не исключено их пепловое происхождение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: палеолит; микрозондовый анализ; магнитная восприимчивость

Ссылка: Поспелова Г. А., Л. В. Голованова, В. Б. Дороничев, В. А. Цельмович (2010), Магнитные и микрозондовые исследования отложений палеолитической стоянки в мезмайской пещере (Северный Кавказ), *Вестник ОНЗ РАН*, 2, NZ6026, doi:10.2205/2010NZ000044, 2010

Введение

При изучении характерных изменений главного геомагнитного поля в прошлом и реконструкции палеоклимата времени формирования пород внимание палеомагнитологов привлекают отложения пещер [Поспелова и др., 2006; Pospelova et al., 2007 и другие работы], так как в породах пещер, как правило, лучше сохраняется первичная остаточная намагниченность факторов пород из-за отсутствия процессов выветривания и меньшего влияния промачивания пород за счет внешних осадков. Процессы осадконакопления в пещерах зависят от многих причин и имеют множество индивидуальных характеристик. Поэтому сначала необходимо выяснить, пригодны ли породы для палеомагнитных исследований. В связи с этим первоначально выполнены магнитные и микрозондовые исследования пород.

Объект изучения

Мезмайская пещера расположена на абсолютной высоте около 1310 м в восточной части Лагонакского нагорья. Пещерная полость, обращенная входом на юго-запад, сформирована в доломитизированных известняках по правому борту р. Сухой Курджипс (долина р. Белая, бассейн р. Кубань). В пещере солнцем прогревается и освещается только привходовая площадка пещеры. Большая же часть пещеры не имеет прямого солнечного освещения, в том числе и площадь раскопа. Вход в пещеру возможен только с восточной стороны, под обрывом, по склону, густо поросшему лесом. Пещера была открыта Л.В. Головановой в 1987 г. и

раскапывалась ею и В.Б. Дороничевым в 1988-1995, 1997 и 2001-2008 годах. Предлагаемая статья посвящена исследованиям коллекции 2002 г., возраст которой от ~ 73 до ~ 10 тыс. л. н. [Skinner *et al.*, 2005].

Мезмайская пещерная палеолитическая стоянка является многослойным памятником. В отложениях пещеры содержится семь культурных слоев среднего палеолита (от 73 до 40 тыс. л. н.) с многочисленными орудиями неандертальцев и десять слоев верхнего палеолита (от 38 до 10 тыс. л.н.), включающими многочисленные свидетельства активного обитания *Homo sapiens*. В самом древнем культурном слое 3 (73-60 тыс. л.н.) найден скелет неандертальца, индивидуальный возраст которого определяется около 1-2 недель. На сегодняшний день это единственный новорожденный неандерталец, который имеет самый молодой возраст, к тому же уникальную полноту скелета, включающей 141 кость. В самом позднем слое среднего палеолита (слой 2), датирующемся около 40 тыс. л.н., обнаружены 24 фрагмента черепа неандертальца, имеющего возраст 1-2 года. Палеоантропологические определения данных находок подтверждены генетическими исследованиями [Golovanova *et al.*, 1999; Ponce de Leon *et al.*, 2008; Briggs *et al.*, 2009].

В Мезмайской пещере важным стратиграфическим уровнем является слой 1D. Этот слой не содержит культурных остатков, но в культурной колонке пещеры маркирует переход между средним и поздним палеолитом. Он образовался на завершающем этапе геомагнитного экскурса Каргаполово-Лашамп, видимо, из вулканического пепла при сильном извержении вулкана на Кавказе (см. Заключение).

Магнитные исследования пород

Из 17 слоев Мезмайской пещеры для магнитных исследований взято 42 пробы. Из пород каждого уровня отбора изготовлено по 3 образца-кубика, по которым были определены скалярные магнитные характеристики пород. Магнитная восприимчивость K образцов измерена на приборе KLY-2 по трем осям, что позволило определить величину магнитной восприимчивости образцов и грубо оценить анизотропию магнитной восприимчивости. Значения K изученных образцов близки к изотропным. Для определения удельной магнитной восприимчивости пород Куд, образцы взвешивались.



Рис. 1. Вид из Мезмайской пещеры.



Рис. 2. Мезмайская пещера. Вид раскопа.

Наименьшие значения K имеют образцы из слоя 2. Максимальные значения K у образцов из слоя 1С и низов слоя 1В ($644-2511 \times 10^{-6}$ СИ), см. Рис. 3. Можно предположить, что в слое 1С проба взята из углистой прослойки или обожженного осадка, т. е. максимальные значения K обусловлены деятельностью древнего человека.

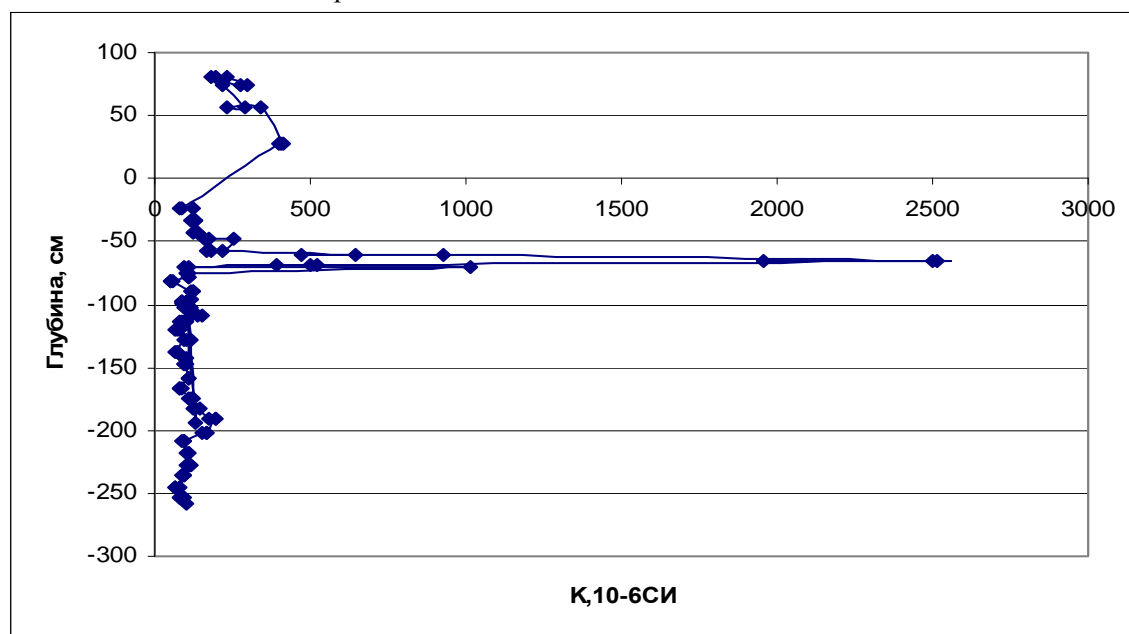


Рис. 3. Магнитная восприимчивость пород разреза.

Относительная величина магнитных зерен пород оценена по нормировке безгистерезисной остаточной намагниченности ARM, созданной в переменном магнитном поле 90 мТ в присутствии постоянного магнитного поля 0.05 мТ, к изотермической остаточной намагниченности IRM в постоянном магнитном поле 1,5 Т. Значения ARM и IRM измерены на JR-4. Установлено, что если в образцах отношения ARM/IRM низкие, то породы обладают более крупными магнитными зернами. Наибольшие зерна отмечены в слоях среднего палеолита 2В-3, 2В-2, 2В-1, 2А и 2 в средней части разреза. В верхней и нижней частях разреза магнитные зерна значительно мельче (Рис. 4).

Для оценки процентного содержания суперпарамагнитной фракции в породах образцы измерены на приборе Bartington MS-2 при двух частотах: 0.47кГц и 4.7 кГц. По величине $K_{FD} = 100 \times (K_{LF} - K_{HF}) / K_{LF} \%$ определено процентное содержание суперпарамагнитной фракции в породе. Фракцией K_{FD} обладают породы всех слоев (Рис. 4), что свидетельствует о существенной роли воздушного режима. Пещера была открыта, начиная с самого раннего изученного нами слоя 4.

Состав магнитных минералов-носителей намагниченности пород изучен по температурной зависимости намагниченности насыщения $M_s(T)$, полученной в постоянном магнитном поле 350 мТ на установке Кюри баланс (магнитные весы), созданной Ю.Л. Виноградовым. Кривые $M_s(T)$ до температуры 700 °С первого и второго нагрева получены для пород из слоев с 1-1 по 4 включительно (30 проб). Кривые $M_s(T)$ сняты в геофизической обсерватории Борок филиале ИФЗ РАН. По кривым $M_s(T)$ и по вторым дифференциальным кривым $M_s(T)$ определены точки Кюри магнитных зерен пород. Основным носителем намагниченности пород по термомагнитным данным является магнетит, в некоторых образцах присутствует и незначительное количество гематита. Много проб с наличием сульфидов.

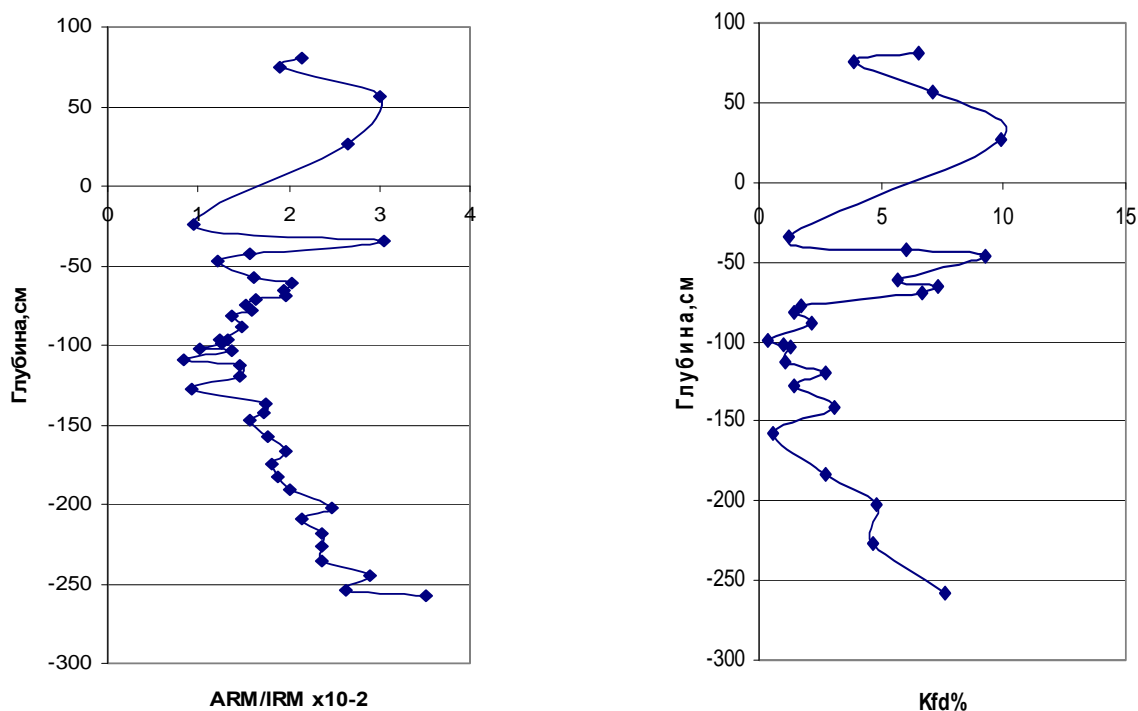


Рис. 4. Изменение отношения ARM/IRM вдоль всего разреза (слева); справа – изменение Kfd (%) в породах разреза.

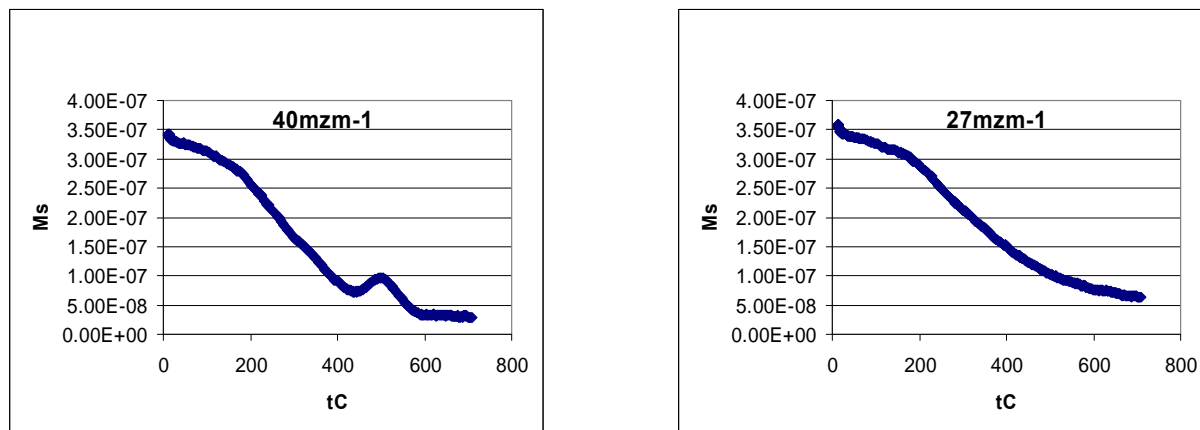


Рис. 5. Пример типичных кривых $M_s(T)$: слева – первый нагрев образца №40 из слоя 1/3 с сульфидами и магнетитом, справа – первый нагрев образца №27 из слоя 2 с гидроокислами железа и магнетитом.

Сульфиды зафиксированы в породах следующих слоёв 1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1В, 2А, 2В-2, 2В-4 и 3. В породах слоёв 1С, 1D, 2, 2В-1, 2В-3 и 4 сульфиды не обнаружены (Рис.5).

Микрозондовые исследования.

Для изучения состава и структуры магнитных минералов пород трёх слоёв 1D, 2В-1 и 2В-3 исследования выполнены на электронно-зондовом анализаторе «Tescan Vega II», микроскопические исследования - в оптическом микроскопе «Olympus BX51». Использована методика исследования осадочных пород в оптическом микроскопе с последующим электронно-зондовым микроанализом, позволяющая быстро и точно выделять магнитные фазы при помощи магнитной сепарации мощным ручным Nd-B-Fe магнитом с использованием ультразвукового диспергатора, что позволило практически полностью удалить мелкие лессовые частицы [Цельмович, 2006; Поспелова и др., 2008] и изучать отдельные микро- и наночастицы ферромагнетиков. Фото, полученные в оптическом микроскопе, были обработаны с помощью программы CombineZM (Alan Hadley), позволяющей в режиме трехмерной микроскопии склеить одиночные нерезкие фото в одно, тем самым поднять глубину резкости.

Микрозондовые исследования позволили обнаружить магнитные частицы различного состава: сплавы железа и хрома (рис. 6), хромиты, титанистые хромиты, маргацево-цинковые хромиты, ильменит, титаномагнетит - гомогенный и гетерофазно-окисленный (рис.7, рис. 10), магнетит (монокристаллический, обломочный, пластинчатый, в слое 1D -со структурами травления – рис. 11), гематит, магнетитовые космические шарики, самородное железо (возможно, космического происхождения) [Цельмович, 2006; Поспелова и др., 2008; Корчагин и др., 2007; Грачев и др., 2008]. Были обнаружены гидроокислы железа, в том числе в виде нано- и микропузырьков (рис. 6,7) [Цельмович, 2008]. Частицы магнетита и титаномагнетита в изученных слоях иногда имеют следы травления, что говорит об их пребывании в кислой среде. Наиболее ярко следы травления видны в частицах из слоя 1D (рис. 11).

Часть зерен имела явные признаки гетерофазного окисления. С учетом того, что термомагнитный анализ в качестве основных магнитных минералов позволяет точно идентифицировать магнетит и гематит, ясно, что эти минералы дают основной вклад в намагниченность. Кроме того, гетерофазно-окисленные распавшиеся титаномагнетиты также будут идентифицироваться при магнитных исследованиях как магнетит (Рис.8, 9 и 10).



Рис. 6. Сплав железа и хрома.

Состав:

O	Cr	Mn	Fe	Итого
5.28	11.65	8.53	83.07	100.0

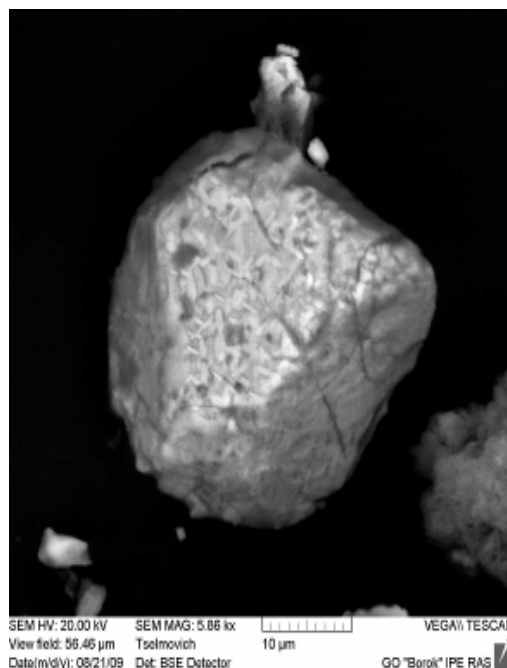


Рис. 7. Титаномагнетит.

Состав:

O	Mg	Al	Ti	Fe	Итого
28.46	1.00	2.57	7.09	60.07	100.00

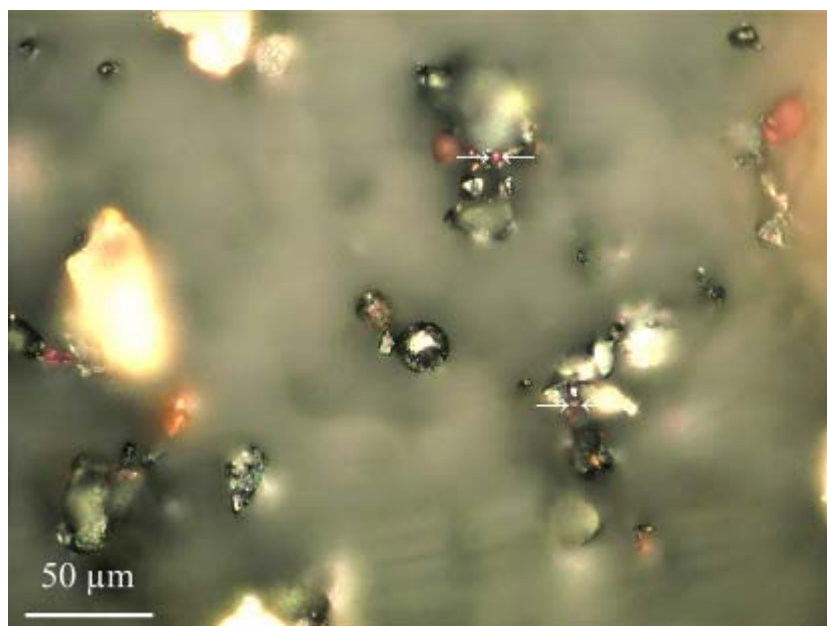


Рис. 8. Оптическая микрофотография магнитных зерен. Стрелками отмечены гидроокислы.

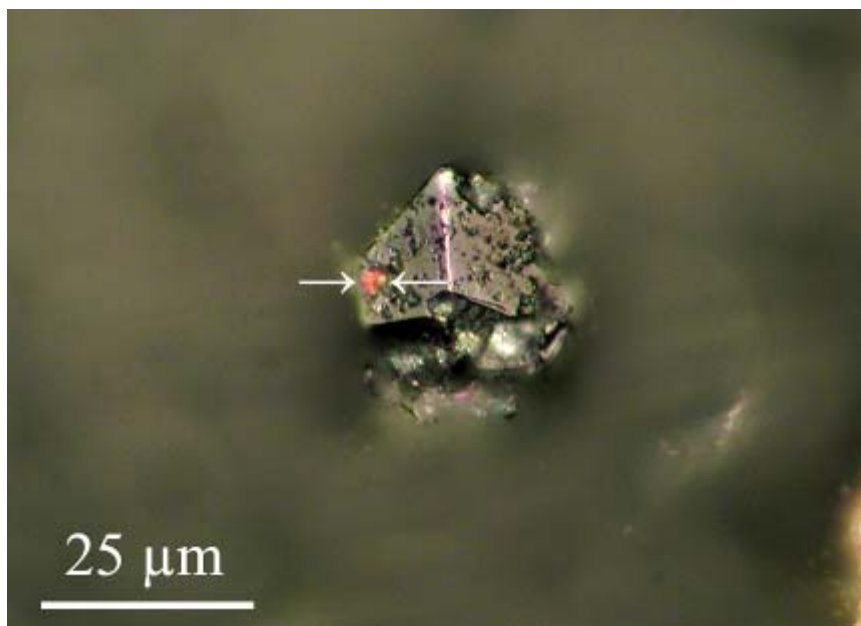


Рис. 9. Оптическая микрофотография. Титаномагнетит. Стрелками отмечены гидроокислы.

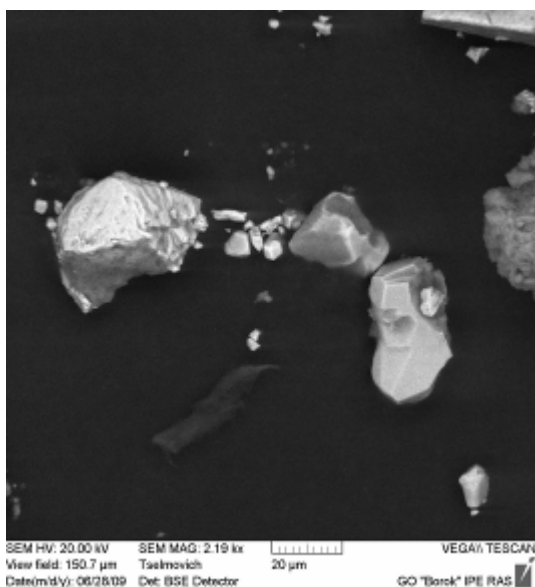


Рис. 10. Обр. 2В3. Магнетит, титаномагнетит, ильменит.

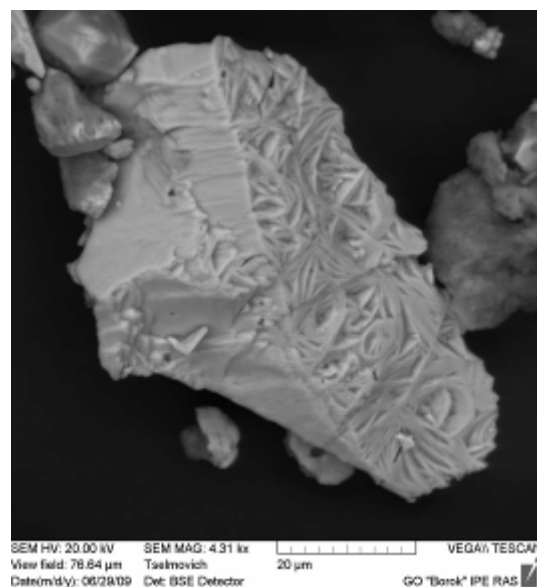


Рис. 11. Обр. 1D. Магнетит

Заключение

В результате проведенных магнитных исследований отложений Мезмайской пещеры установлено, что породы неоднородны по составу и по размеру магнитных зерен. Породы, содержащие сульфиды, не пригодны для палеомагнитного изучения. Подтверждено, что пещера была открыта со времени формирования самого раннего слоя 4, на котором сформировались все культурные отложения этого памятника. На начальном этапе верхнего палеолита в слое 1С определены максимальные значения магнитной восприимчивости. Это свидетельствует, что в слое 1С происходила активная деятельность древнего человека. В результате микрозондовых исследований в трёх слоях 1D, 2В-1 и 2В-3 установлено, что их химический состав не одинаков. Результаты по слоям 2В-3 и 1D приведены в таблице 1. В слое 2В-3 меньше фосфора, но больше кремния, чем в слое 1D. Анализ состава магнитных частиц показывает, что в образце 2В-3 они содержат сравнительно меньшее количество титана, но

большее количество примесей (Cr, Mn, Zn, Mg, V, Co), чем магнитные частицы из слоя 1D (Таблицы 2 и 3).

Таблица 1. Валовой состав образцов слоев 2B-3 и 1D

Слой	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	Итог
2B3	48.95	0.36	1.11	5.93	17.48	2.22	5.45	14.54	0.47	3.48	100.00
1D	48.96	0.00	1.27	5.77	12.99	7.90	1.80	16.43	0.45	4.44	100.00

Таблица 2. Состав магнитных частиц. Обр.2B3

Точка	O	Mg	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Zn	Итог
1	32.79	0.00	0.28	0.00	0.00	15.45	5.38	40.94	0.65	4.51	100.00
2	30.99	0.00	2.26	0.00	0.00	4.34	1.89	59.79	0.74	0.00	100.00
3	28.51	0.83	3.35	2.10	0.33	0.77	0.00	63.30	0.81	0.00	100.00
4	35.86	2.18	5.19	6.66	0.00	0.55	1.24	47.67	0.66	0.00	100.00
5	29.91	0.57	3.09	5.34	0.51	0.37	0.00	60.21	0.00	0.00	100.00
6	29.10	1.72	4.47	4.13	0.00	0.00	0.25	60.33	0.00	0.00	100.00
7	26.11	1.06	3.53	7.62	0.00	0.31	0.10	61.28	0.00	0.00	100.00

Таблица 3. Состав магнитных частиц. Обр.1D

Точк	O	Mg	Al	Ti	Cr	Fe	Итог
1	24.30	0.00	3.45	1.88	1.71	68.66	100.00
2	28.79	0.00	2.93	0.00	0.00	68.29	100.00
3	32.82	1.40	6.30	13.54	0.00	45.94	100.00
4	33.97	0.00	3.63	11.81	0.00	50.58	100.00
5	26.36	0.00	3.54	12.39	4.69	53.02	100.00
6	29.30	0.06	2.65	8.49	4.38	55.13	100.00
7	25.99	0.00	6.98	10.36	0.20	56.47	100.00

Содержание таких химических элементов, как железо, титан, хром, марганец и других отличается от зерна к зерну. Набор магнитных частиц в слоях 1D и 2B-1 имеют состав характерный для вулканических пород. Мы не исключаем их пепловое происхождение.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 10-05-00117.

Литература

- Грачев А. Ф., О. А. Корчагин, В. А. Цельмович, Х. А. Коллманн (2008), Космическая пыль и микрометеориты в переходном слое глин на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Восточные Альпы): морфология и химический состав, *Физика Земли*, №7, 42-57.
- Корчагин О. А., В. А. Цельмович, С. В. Дубинина (2007), Метеоритные микросферы и частицы из глубоководных известняков верхнего кембрия (Батырбай, Южный Казахстан), *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. Минералогия, петрография, литология*, №3, 17-22.
- Поспелова Г. А., Л. В. Голованова, З. В. Шаронова, В. В. Семенов (2006), Палеомагнитные исследования отложений палеолитической стоянки в пещере Матузка (Северный Кавказ), *Физика Земли*, №7, 52-65.
- Поспелова Г. А., М. В. Аникович, В. А. Цельмович, В. Ю. Водовозов, А. Е. Дудин (2008), Петрофизические исследования осадочных пород верхнепалеолитической стоянки Костёнки-1, *Вестник Отделения наук о Земле РАН*.
- Цельмович В. А. (2006), Микроскопическая диагностика магнитных частиц в изверженных и осадочных породах, *Палеомагнетизм и магнетизм горных пород; теория, практика, эксперимент*. Материалы семинара. Борок, 149-154.

- Briggs A. W., J. M. Good, R. E. Green, J. Krause, T. Maricic, U. Stenzel, C. Lalueza-Fox, P. Rudan, D. Brajković, Ž. Kučan, I. Gušić, R. Schmitz, V. B. Doronichev, L. V. Golovanova, M. Rasilla, J. Fortea, A. Rosas and S. Paabo (2009), Targeted Retrieval and Analysis of Five Neanderthal mt DNA Genomes, *Science*, 325, 318-321.
- Golovanova L. V., J. F. Hoffecker, V. Kharitonov, G. Romanova (1999), Mezmaiskaya cave: Neanderthal Occupation in the Northern Caucasus, *Current Anthropology*, n.1, 77-86.
- Ponce de Leon M. S., L. Golovanova, V. Doronichev, G. Romanova, T. Akazawa, O. Kondo, H. Ishida, Ch. P. E. Zollikofer (2008), Neanderthal brain size at birth provides insights into the evolution of human life history, *PNAS*, 105, No.37, 13764–13768; www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0803917105.
- Pospelova G. A., E. Krol, G. M. Levkovskaya et al. (2007), Magnetic, paleomagnetic and palynologic studies of Paleolithic depositions of the Akhshtyrskaya cave (Russia), *Acta Geophysica*, 55, no.4, 619-639.
- Skinner A. R., B. A. B. Blackwell, S. Martin, A. Ortega, J. I. B. Blickstein, L. V. Golovanova, V. B. Doronichev (2005), ESR dating at Mezmaiskaya Cave, Russia // *Applied Radiation and Isotopes*, 62, pp. 219-224.

Г. А. ПОСПЕЛОВА, Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва,
Тел: +7 (499) 252-07-26; факс: +7 (499) 255-60-40; e-mail: pospelova@ifz.ru, tselm@mail.ru