

**Ва-Mn-МИНЕРАЛЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА
БОЛЬШОЕ МИАССОВО (Ю. УРАЛ)****А.С. Никандров***Ильменский государственный заповедник, г. Миасс, nik@ilmeny.ac.ru***Ba-Mn-MINERALS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE LAKE
BOLSHOE MIASSOVO (SOUTHERN URAL)****A.S. Nikandrov***Ilmen State Reserve, Miass, nik@ilmeny.ac.ru*

Железо-марганцевые образования (ЖМО) являются составной частью донных отложений многих пресноводных озёр Северной Америки, Европы, Африки, Азии. Известны они также в аналогичных водоёмах Северо-Запада России и на Байкале. В 1978 году впервые опубликованы сведения о ЖМО из озера Большой Кисегач в Ильменском заповеднике на Южном Урале (Яковлева и др., 1978). В 1996 году ЖМО были обнаружены ещё в одном заповедном озере – Большое Миассово (Корнилов, Веретенникова, 1998). Позднее здесь были проведены водолазные работы, и со дна озера, с глубины 7–15 м, было извлечено большое количество разнообразных по форме и размерам ЖМО (Корнилов и др., 2008). Начиная с 2011 года, детальное изучение ЖМО оз. Большое Миассово выявляет все новую и новую информацию (Вализер и др., 2012, 2013; Никандров, 2014). ЖМО были разделены на несколько морфотипов и выявлен ряд особенностей, отличающих их от ЖМО других пресноводных озёр мира.

Морфология миассовских ЖМО в общем типична для подобных образований. Были выделены ЖМО, развитые на природных и антропогенных субстратах, и ЖМО без видимых следов субстрата. К первой группе относятся налёты на камнях, дереве, металле и других предметах в виде очень тонких чёрных плёнок (рис. 1 а) и корочек и кайм обрастания глыб и галек пород (рис. 1 б). Вторая группа включает шаровидные или слегка сплюснутые конкреции (рис. 1 в).

По элементному составу миассовские ЖМО отличаются от известных озёрных ЖМО (табл. 1) повышенными содержаниями Mn и соотношениями Mn/Fe, а также повышенными содержаниями Ba, Ti и V – что скорее характерно для глубоководных ЖМО, образовавшихся на глубинах свыше 100 м (Батулин и др., 2009). Завышенные содержания Cu, Zn и ряда других элементов, могут быть связаны с загрязнением окружающей среды промышленными производствами.

Минеральный состав ЖМО из оз. Большое Миассово определён с применением ИК-спектроскопии, рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализов. Установлено, что ЖМО полиминеральны и в общем являются гидроксидно-карбонатными (табл. 2).

Преобладающими минералами конкреций являются гидроксиды и оксиды – романешит и голландит, и карбонат – кутногорит. Данный минеральный состав отображает одну из особенностей ЖМО оз. Большое Миассово, высокое содержание Ba, составляющее 3.5– 9 мас. % (Вализер и др., 2012). Барит встречается единично и, возможно, является терригенным. Также Ba входит в состав тодорокита, отмеченного в небольшом количестве в некоторых образцах. В других морфотипах (каймах, корках) наблюдается подобная картина. В них также основными минералами являются романешит, голландит и кутногорит. Различия имеются в соотношении этих минералов и строении отдельных зон (Никандров, 2014).

Отдельно надо отметить особенности внутреннего строения самого изученного из морфотипов – конкреций. На рис. 2 показано внутреннее строение конкреции, а также распределение отдельных минеральных фаз в её объёме. В табл. 3 отображён состав минералов на основе данных микроразнозондовых исследований.



Рис. 1. Морфология ЖМО: а – тонкая плёнка на породе; б – агрегатная корка на обломке породы; в – полиминеральные конкреции.

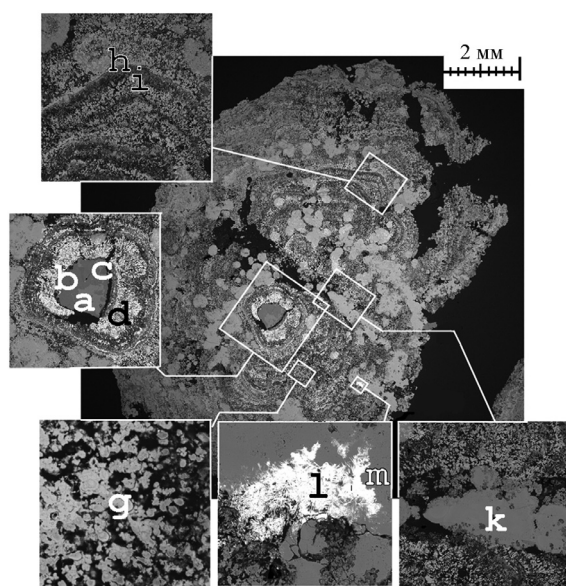


Рис. 2. Внутреннее строение конкреций (а, б, с – полевые шпаты; d – смесь романешита с голландитом; h, i, g, l, m, k – см. табл. 3).

Таблица 1

Средние содержания металлов в ЖМО из пресноводных озёр

Озёра	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Макрокомпоненты, мас. %									
Fe	3.21	12.83	15.62	31.58	8.49	16.60	16.70	40.20	32.50
Mn	18.94	12.40	11.18	9.91	7.66	33.00	26.60	15.70	17.00
Mn/Fe	5.90	0.97	0.72	0.31	0.90	1.99	1.59	0.39	0.52
Микрокомпоненты, ppm									
Ti	35513	1149	3300	–	–	–	–	–	–
Sr	199	360	573	–	100	–	–	–	–
Ba	34500	1330	8167	1972	5408	–	–	–	–
Cu	31	16	497	–	8.20	14	7	10	–
Ni	–	97	1680	111	–	296	112	95	40
Co	–	37	277	–	52.3	196	221	135	230
V	7610	66	420	–	–	–	–	–	–
Pb	–	53	47	31	–	26	27	24	27
Zn	44	521	342	561	140.3	1665	475	250	50
Cr	–	46	–	114	–	–	–	–	–

Примечание. 1 – оз. Бол. Миассово; 2-3 – оз. Байкал (Батурин и др., 2009): 2 – мелководные ЖМО, 3 – глубоководные ЖМО; 4 – Коннектикут Лэйк, США (Asikainen et al., 2007); 5 – Мичиган, США (Edgington et al., 1970); 6-8 – озёра Новой Шотландии, Канада (Harris et al., 1970): 6 – Гранд Лэйк, 7 – Шип Харбор Лэйк, 8 – Моск Лэйк; 9 – озера Швеции (Harris et al., 1970). Прочерк – нет данных.

Таблица 2

Аутигенные минералы железо-марганцевых образований оз. Бол. Миассово

Минерал	Формула	Минерал	Формула
Анкерит	$\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	Кутногорит	$\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe})(\text{CO}_3)_2$
Апатит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Лепидокрокит	$\gamma\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$
Барит	BaSO_4	Пирролюзит	$\beta\text{-MnO}_2$
Бёрнессит	$(\text{Na}, \text{Ca})_{0.5}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{3+})_2\text{O}_4 \times 1.5\text{H}_2\text{O}$	Пирит	FeS_2
Бузерит*	$\text{NaMn}_{14}\text{O}_{27} \times 21\text{H}_2\text{O} (?)$	Родохрозит	MnCO_3
Вернадит**	$(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Na})(\text{O}, \text{OH})_2 \times n\text{H}_2\text{O}$	Романешит	$(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{3+})_5\text{O}_{10}$
Вивинанит	$\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \times 8\text{H}_2\text{O}$	Роценит	$\text{FeSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$
Гётит	$\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$	Сидерит	FeCO_3
Гипс	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Тодорокит	$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K}, \text{Ba}, \text{Sr})_{1-x}(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Al})_6\text{O}_{12} \times 3\text{-}4\text{H}_2\text{O}$
Голландит	$\text{Ba}(\text{Mn}^{4+}_6, \text{Mn}^{3+}_2)\text{O}_{16}$	Ферригидрит	$\text{Fe}^{3+}_{10}\text{O}_{14}(\text{OH})_2$
Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$		

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены минералы, новые для территории Ильмен; * – новые для Урала; ** – отмечен ранее (Корнилов и др., 1998).

Таблица 3

Состав минералов (мас. %) конкреции из донных отложений оз. Бол. Миассово

Состав/Минерал	FeO	MnO	MgO	CaO	BaO	K ₂ O	SrO	Cl	SO ₃	CO ₂	F	Σ
Голландит (h)	29.42	59.82	1.20	2.86	4.72	0.59	–	1.39	–	–	–	100
Романешит с голландитом (i)	–	82.47	1.07	1.83	14.12	0.51	–	–	–	–	–	100
Романешит с голландитом (g)	–	83.64	0.58	1.54	13.77	0.47	–	–	–	–	–	100
Барит (l)	–	–	–	0.91	63.61	–	0.96	–	34.52	–	–	100
Кутногорит (m)	–	32.91	0.19	16.16	–	–	–	–	–	50.74	–	100
Кутногорит (k)	–	32.13	–	15.65	–	–	–	–	–	50.71	1.51	100

Примечание. В скобках – индекс (см. рис. 2). Tesla BS-540; аналитик Ю.Д. Крайнев.

Озёрные ЖМО представляют собой принципиально новый тип минералогических объектов на территории Ильменского заповедника, изучение которых позволит не только пополнить новыми минеральными видами региональные кадастры Ильменских гор, Урала и России, но и по-новому взглянуть на общие проблемы минералогии и геохимии Ильменских гор.

Автор выражает благодарность Т.Н. Мороз (Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск) за помощь в исследовании образцов методами рентгеновской дифрактометрии, инфракрасной спектроскопии и электронной микроскопии, Ю.Д. Крайнева (Институт минералогии УрО РАН, Миасс) за помощь в исследовании образцов методами мессбауэровской спектроскопии. Также автор выражает благодарность С.Н. Никандрову (Ильменский государственный заповедник, Миасс) и Е.П. Щербаковой (Институт минералогии УрО РАН, Миасс) за помощь и всестороннюю поддержку в работе.

Литература

Батулин Г.Н., Дубинчук В.Т., Авилова Е.В. О минеральном составе железо-марганцевых конкреций озера Байкал // Докл. РАН, 2009. Т. 426. № 2 С. 207–211.

Вализер П.М., Щербакова Е.П., Мороз Т.Н., Никандров А.С., Никандров С.Н. О находках железо-марганцевых конкреций в пресноводных озерах Ильменского заповедника (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН: Сыктывкар. 2012. № 12. С. 17–19.

Вализер П.М., Щербакова Е.П., Никандрова Н.К., Никандров А.С., Никандров С.Н. О находках минералов группы фужерита в пресноводных озерах Ильменского заповедника (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН: Сыктывкар. 2013. № 5. С. 6–8.

Корнилов Ю.Б., Веретенникова Т.Ю. Марганцевые конкреции оз. Большое Миассово (Южный Урал) // Минералогия Урала-III. Т. I. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 150–152.

Корнилов Ю.Б., Вализер П.М., Веретенникова Т.Ю. Генезис железо-марганцевых конкреций и железо-марганцевых корок в пресноводном оз. Большое Миассово (Южный Урал) // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Т. I. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 344–347.

Никандров А.С. Внутреннее строение и минеральный состав железомарганцевых образований пресноводного озера Большое Миассово (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН: Сыктывкар. 2014. № 8. С. 7–11.

Яковлева Л.В., Сергеева Л.В. Химический состав озерных отложений // Ландшафтный фактор в формировании гидрологии озер Южного Урала. Л.: Наука, 1978. С. 186–189.

Asikainen C.A., Werle S.F. Accretion of ferromanganese nodules that form pavement in Second Connecticut Lake, New Hampshire // PNAS (Proceedings of National Acad. Sci. USA). 2007. V. 104. № 45. P. 17579–17581.

Edgington D.N., Callender E. Minor element geochemistry of Lake Michigan ferromanganese nodule // Earth Planet. Sci. Letters. 1970. № 8. P. 97–100.

Harris R., Troup A. Chemistry and origin of freshwater ferromanganese concretions // Limnol. Oceanogr. 1970. V. 15. № 5. P. 702–712.