

СПОСОБЫ ПРОГНОЗА ОБРАЗОВАНИЯ СУЛЬФАТОВ МАГНИЯ В КАРЬЕРЕ ШЕРЛОВОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Сергутская О.С.

ИПРЭК СО РАН, Чита, sergutsкая@mail.ru

Современное минералообразование Шерловогорской рудно-магматической системы представлено ассоциациями сульфатов магния, цинка, меди, железа с различным числом молекул кристаллогидратной воды. Среди сульфатов магния отмечены: кизерит $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, старкеит $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, пентагидрит $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ гексагидрит $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ [Юргенсон, 2008].

Новообразованные минералы эфемерны, образование их зависит от метеоусловий в районе месторождения. В период отсутствия осадков, на испарительном геохимическом барьере выделяются сульфаты в виде выплетов, натёчностей, корочек. Температура и влажность воздуха являются одними из основных факторов образования сульфатов, периодичности их появления и времени существования.

Grevel и Majzlan [Grevel, 2009] рассматривают устойчивость гидратированных сульфатов магния восточной части США как функцию температуры и относительной влажности. При этом старкеит и пентагидрит они считают метастабильными. Среднесуточные значения температуры и относительной влажности в районе Шерловогорского месторождения близки с теми же в восточной части США, в штате Ричмонд (Калифорния), где средняя температура обычно составляет от 10° до 40°C и относительной влажности в пределах от 30% до 100%. В этих условиях среди сульфатов преобладают кизерит, старкеит, гексагидрит, эпсомит.

Наложение результатов рентгеноструктурного анализа образцов проб с карьера месторождения на диаграмму Grevel и Majzlan со значениями температуры и относительной влажности воздуха района Шерловогорского месторождения, дает следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

Состав образцов минеральных образований		
№ пробы	Состав по РФА	Состав проб по диаграмме [Grevel, 2009]
ШГ-05/155А	Старкеит, кизерит	Кизерит, гексагидрит, следы старкеита
ШГ-07/159	Гексагидрит, слабые следы старкеита	Гексагидрит, старкеит, эпсомит
ШГ-10/184-СМО-2	Старкеит, гексагидрит	Старкеит, эпсомит, возможно гексагидрит

Близость результатов говорит о схожести процессов образования и устойчивости сульфатов Шерловогорского месторождения. Соответственно, появляется возможность отслеживания интересующих сульфатов в условиях изменения температуры и влажности воздуха, с последующим отбором, идентификацией и изучением свойств.

Однако возможность нахождения новообразованных сульфатов в зоне окисления в карьере Шерловогорского месторождения вызывает ряд трудностей, представленных частым изменением погодных условий и неустойчивым состоянием некоторых минералов, переход от одного гидратированного сульфата магния к другому сульфату происходит достаточно быстро. Для решения этой проблемы

может быть использовано современное термодинамическое моделирование. В качестве программы для моделирования использовался программный комплекс «Селектор» [Чудненко, 2010], расчеты проводились при различных температурах и массовой доле сульфата магния, полученные результаты сравнивались с фазовой диаграммой $MgSO_4-H_2O$ (рис. 1).

Рис. 1. Диаграмма фазового равновесия [Chou, 2012]

Результаты расчета представлены в таблице 2. Больше сходство наблюдается при температурах 25-55°C.

Таблица 2

Сравнение результатов расчета с данными фазовой диаграммы

Массовая доля $MgSO_4$, %	Температура, °C	Диаграмма	Селектор
25	10	Эпсомит	Меридианит, эпсомит
35	10	Эпсомит	Меридианит
	25	Эпсомит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
40	10	Эпсомит	Меридианит
	25	Эпсомит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
45	10	Эпсомит	Меридианит
	25	Эпсомит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
50	10	Эпсомит+кизерит	Меридианит
	25	Эпсомит+гексагидрит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
55	10	Эпсомит+кизерит	Меридианит
	25	Гексагидрит+кизерит	Эпсомит
	55	Гексагидрит+кизерит	Гексагидрит

Чистый кизерит, без примесей появляется при достаточно высоких температурах, порядка 80°C и выше, в реальных же условиях в летний период он образуется при температурах до 40° С в ассоциации с гексагидритом, что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа. Основные минералы, устойчивые в диапазоне температур 10-40°C это кизерит, гексагидрит и эпсомит. Меридианит не был обнаружен в карьере Шерловгорского месторождения, это возможно связано с температурными условиями его образования и устойчивости (ниже +5°C), так как отбор образцов проводился в летний период. Старкеит и пентагидрит метастабильные и являются промежуточными минералами между гексагидритом и кизеритом, в природных условиях образуются в смеси с этими минералами.

Таким образом, для исследования процессов образования сульфатов предложенная диаграмма в связи с комплексом «Селектор» позволяет получать результаты, хорошо согласующиеся между собой. Появляется возможность прогноза условий образования и устойчивости, температурные переходы между минералами и приблизительное время отбора интересующих сульфатов.

Литература:

Чудненко К.В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения. - Новосибирск: Академическое издательство «Гео». - 2010. - 287с.

Юргенсон Г. А., Сергутская О. С. Сульфаты магния и цинка в продуктах современного минералообразования из временных водотоков на техногенном делювии в прибрежной зоне водоема Шерловогорского карьера // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: труды II Всероссийского симпозиума с международным участием и VIII Всероссийских чтений памяти А. Е. Ферсмана 24-27 ноября 2008г. Чита, 2008. – С. 133-138.

Chou, I-M., et al. The stability of sulfate and hydrated sulfate minerals near ambient conditions and their significance in environmental and planetary sciences // *Journal of Asian Earth Sciences* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.11.027>

Grevel, K.-D., Majzlan, J., 2009. Internally consistent thermodynamic data for magnesium sulfate hydrates // *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73. – P. 6805-6815.