

СТРУКТУРНЫЙ ТИПОМОРФИЗМ ХЕМОГЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ МИНЕРАЛОВ В ОСАДКАХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР АРИДНЫХ И СЕМИАРИДНЫХ ЗОН: СВЯЗЬ С ПАЛЕОКЛИМАТОМ

Э. П. Солотчина

Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, solot@igm.nsc.ru

Резкие колебания климата на планете, происходящие в последние десятилетия, грозят непредсказуемыми, возможно даже катастрофическими последствиями для природы и человека. О серьезности ситуации свидетельствует принятие Климатической доктрины РФ и проведение в 2009 году Климатического саммита ООН в Копенгагене. Его итоги позволяют констатировать, что существует значительная неопределенность в оценках того, как будут протекать климатические изменения, насколько велика роль антропогенного фактора на фоне объективных космогенных процессов, что является причиной внезапных и резких климатических сдвигов на коротких интервалах времени, какова их периодичность. В этой связи особую значимость приобретают исследования климата прошедших эпох, поскольку именно в прошлом следует искать ответы на поставленные вопросы, ибо «прошлое – лучший пророк будущего» (Джордж Байрон).

Озера, наряду с другими природными архивами (ледниками, деревьями и др.), хранят уникальные записи климатических событий на протяжении всей истории своего существования. В последние десятилетия объектом повышенного внимания зарубежных исследователей при проведении палеоклиматических реконструкций являются современные системы небольших соленых озер аридных и семиаридных зон [Last, Ginn, 2005]. Малые размеры этих озер предопределяют их высокую чувствительность к климатическим изменениям по сравнению с более консервативными крупными водоемами. Вместе с тем подобные исследования на территории нашей страны крайне ограничены.

Изучение ассоциаций минералов и кристаллохимических характеристик индивидуальных минеральных фаз является мощным инструментом для понимания процессов озерной седиментации. Изменения в составе и структуре обломочных и аутигенных минералов в осадочных разрезах озер напрямую зависят от эволюции природной среды и климата в регионе. Сравнительный анализ минеральной составляющей озерных осадков позволяет судить о степени выветривания пород в водосборных бассейнах, изменениях в составе речной взвеси и золотого материала, общей минерализации и колебаниях уровня воды в озере на протяжении прошлых климатических циклов [Солотчина, 2009; Solotchina et al., 2009].

Карбонатные минералы являются чувствительными индикаторами изменений среды минералообразования из-за широкого спектра изоморфизма в их кристаллической решетке и существенных вариаций степени порядка/беспорядка в структуре [Карбонаты, 1987]. Выявление природных ассоциаций низкотемпературных хемогенных карбонатов озерных осадков, кристаллохимических и структурных особенностей индивидуальных карбонатных фаз, последовательности их формирования позволяет получать палеоклиматические летописи высокого разрешения.

Объектом настоящих исследований являются донные осадки ряда малых бессточных озер Западного Прибайкалья с карбонатным типом седиментации. Регион находится в ветровой тени Приморского хребта, преграждающего путь господствующим западным циклонам, что приводит к повышенной сухости климата и формированию степного ландшафта. Озера имеют тектоническую природу и занимают впадины, приуроченные к структурам растяжения, возникшим на ранних стадиях формирования Байкальского рифта. Разломы, ограничивающие эти структуры, дренируют глубокие горизонты циркуляции подземных вод и обеспечивают сформировавшимся водоемам

возможность относительно спокойной эволюции, сохраняя длительную и устойчивую подпитку метаморфизованными метеорными водами. Минерализация вод изученных озер, имеющих щелочную реакцию, составляет от 14.5 г/л до 1.8 г/л. Основные методы исследования – рентгеновская дифрактометрия (XRD), ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, РФА СИ, ААС, анализ стабильных изотопов ^{18}O и ^{13}C .

Эвапоритовая часть разрезов представлена преимущественно карбонатными отложениями, возраст которых не превышает 8000 лет (^{14}C). В ансамбле карбонатных минералов преобладают Mg-кальциты, являющиеся твердыми растворами MgCO_3 в кальците, присутствуют кальцит, арагонит, Са-избыточный доломит, моногидрокальцит и родохрозит. Мерой магнезиальности тригональных Mg-кальцитов служит величина d_{104} , меняющаяся с близкой к линейной зависимостью от содержания MgCO_3 в интервале от 3.036 Å (кальцит) до 2.906 Å (Са-избыточный доломит) [Goldsmith, Graf, 1958; Bischoff et al., 1985]. Mg-кальциты традиционно принято делить на две группы: низкомагнезиальные с содержанием MgCO_3 менее 4 мол. % и высокомагнезиальные с содержанием MgCO_3 от 4 до 43.5 мол. % вплоть до составов Са-избыточного доломита. Со временем была введена дополнительная градация промежуточных Mg-кальцитов с содержанием MgCO_3 от 4 до 12 мол. % [Карбонаты, 1987].

XRD профили низкотемпературных плохо окристаллизованных Mg-кальцитов озерных осадков имеют сложную конфигурацию, представляющую собой суперпозицию нескольких отражений от фаз с различным содержанием Mg в структуре. Разложение сложных XRD профилей карбонатов в интервале углов 28–32° ($2\theta^{\circ}\text{CuK}\alpha$) на индивидуальные пики функцией Пирсона VII [Солотчина и др., 2008; 2011] позволяет определить положение максимума, интегральную интенсивность аналитического пика каждой фазы и получить их количественные соотношения (рис. 1, табл. 1).

Сопоставление поведения карбонатов в датированных разрезах с данными литологического, диатомового и других анализов, распределением $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ показало, что потепление и увлажнение климата приводит к формированию преимущественно низко-Mg-кальцитов и наоборот – его аридизация способствует образованию серии высоко-Mg-кальцитов вплоть до Са-доломитов. Вместе с тем каждое озеро обладает своими индивидуальными чертами. Так, например, в верхней части разреза оз. Намши-Нур присутствует моногидрокальцит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, нестабильный водный карбонат кальция (рис. 1, табл. 1), что служит дополнительным подтверждением теплых климатических условий.

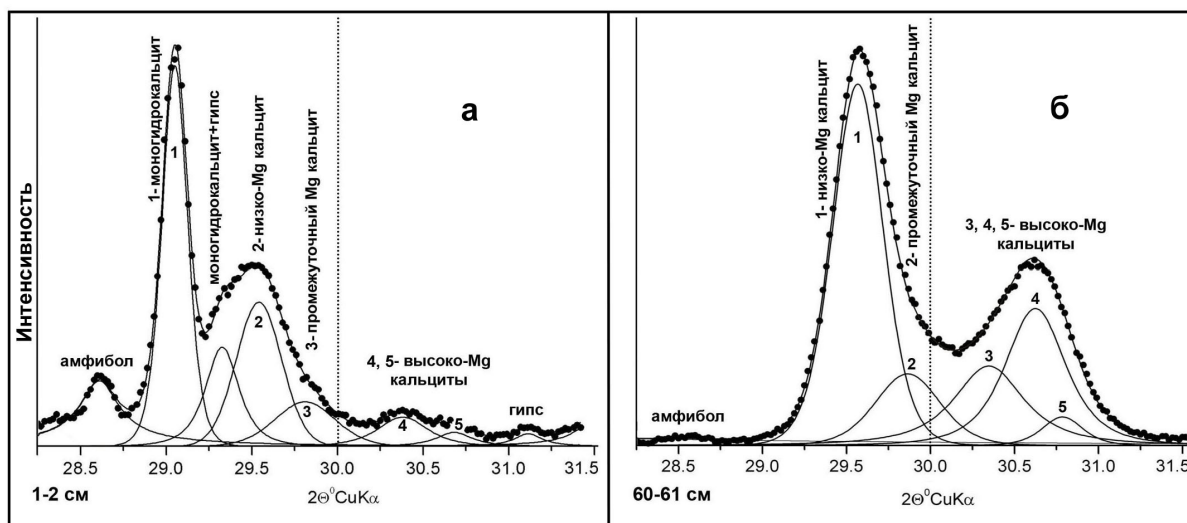


Рис. 1. Результаты моделирования XRD профилей карбонатов донных осадков оз. Намши-Нур (экспериментальные профили – пунктирная линия, модельные – сплошная линия): а – преобладание моногидрокальцита указывает на теплый и влажный климат; б – увеличение содержания высоко-Mg кальцита – на иссушение и похолодание климата.

Параметры модельных XRD профилей карбонатов образцов осадков озера Намши-Нур, показанных на рисунке 1

Глубина, см	Карбонаты	№ линии	$2\theta^\circ\text{CuK}_\alpha$	$d, \text{Å}$	Содержание	
					MgCO ₃ , мол. %	фазы, %
1–2	Моногидро-кальцит	1	29.050	3.074	0	46.4
	Низко-Mg кальцит	2	29.541	3.024	3.5	30.0
	Промежуточный Mg кальцит	3	29.810	2.997	12.5	12.6
	Высоко-Mg кальциты	4	30.381	2.942	31.2	7.8
		5	30.681	2.914	41.5	3.2
60–61	Низко-Mg кальцит	1	29.550	3.023	3.75	45.8
	Промежуточный Mg кальцит	2	29.864	2.992	14.5	11.7
	Высоко-Mg кальциты	3	30.347	2.945	30.2	16.6
		4	30.625	2.920	39.5	22.9
		5	30.785	2.908	43.0	3.0

Примечание. Сумма карбонатных минералов в образце принята за 100 %.

Впервые из осадков малых соленых озер получены карбонатные записи высокого разрешения, содержащие сведения о стратиграфическом распределении Mg-кальцитов, в которых количество и соотношение фаз различной степени магнезиальности определяются величиной Mg/Ca-отношения, соленостью и общей щелочностью вод в прошлом, меняющихся в соответствии с климатическими циклами и колебаниями уровня озера. Установлено, что присутствие и распределение других карбонатных минералов, таких как арагонит, моногидрокальцит, кальцит также являются важными индикаторами изменений обстановок в палеоводоеме. Показана высокая информативность нового подхода к палеоклиматическим реконструкциям, базирующегося на минералогическо-кристаллохимических исследованиях карбонатов малых соленых озер аридных зон.

Литература

- Карбонаты: минералогия и химия // Ред. Р. Дж. Ридер. М.: Мир, 1987. 494 с.
- Солотчина Э. П., Склярёв Е. В., Вологина Е. Г. и др. Карбонаты в осадочной летописи соленого озера Цаган-Тырм (Западное Прибайкалье): новый тип палеоклиматических сигналов высокого разрешения // ДАН. 2008. Т. 421. № 3. С. 391–398.
- Солотчина Э. П. Структурный типоморфизм глинистых минералов осадочных разрезов и кор выветривания. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2009. 234 с.
- Bischoff W. D., Sharma S. K., Mackenzie F. T. Carbonate ion disorder in synthetic and biogenic magnesian calcites: a Raman spectral study // Amer. Miner. 1985. V. 70. P. 581–589.
- Goldsmith J. R., Graf D. L. Relation between lattice constants and composition of Ca-Mg carbonates // Amer. Miner. 1958. V. 43. P. 84–101.
- Last W. M., Ginn F. M. Saline systems of the Great Plains of western Canada: an overview of the limnogeology and paleolimnology // Saline systems. 2005. 1: 10. doi: 10.1186/1746-1448-1-10; <http://www.salinesystems.org/content/1/1/10>.
- Solotchina E. P., Prokopenko A. A., Kuzmin M. I., et al. Climate signals in sediment mineralogy of Lake Baikal and Lake Hovsgol during the LGM-Holocene transition and the 1-Ma carbonate record from the HDP-04 drill core // Quatern. Intern. 2009. V. 205. P. 38–52.