

Аутигенное минералообразование в донных отложениях озера Арахлей (Центральное Забайкалье): роль природно-климатических факторов

Э. П. Солотчина, П. А. Солотчин, И. В. Даниленко, А. Н. Жданова

ИГМ СО РАН, Новосибирск; *solot@igm.nsc.ru*

Озерный аутигенез, образование минералов *in situ*, как под влиянием химизма среды, так и при участии биологических агентов, является важной частью геохимического цикла, а структурные и кристаллохимические особенности продуктов аутигенного минералообразования представляют собой надежные индикаторы климатических обстановок, в которых этот процесс протекает. В самых распространенных и изменчивых компонентах донных осадков малых водоемов — аутигенных низкотемпературных карбонатных и глинистых минералах, их кристаллохимических и структурных характеристиках, последовательности формирования содержится информация о прошлых изменениях климата и окружающей среды.

Объектом исследований послужили донные отложения озера Арахлей (длина керна 128 см), расположенного на юге Витимского плоскогорья в Центральном Забайкалье. Методы исследований — XRD анализ (дифрактометр ARL X'TRA, излучение $\text{CuK}\alpha$), ИК-спектроскопия (Фурье спектрометр VERTEX 70 FT IR), сканирующая электронная микроскопия, анализ стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$, РФА СИ и атомная абсорбция. Вода озера слабощелочная гидрокарбонатная магниевокальциевая, величина $\text{pH}=7.2-8.7$, минерализация ~ 150 мг/л. Возраст (AMS датирование) вскрытых отложений охватывает весь голоцен и конец позднего плейстоцена до ~ 15500 калиброванных лет.

Отложения оз. Арахлей представлены слоистыми алюмосиликатами, кварцем, полевыми шпатами и карбонатами разной степени магниезальности. Выявлено двучленное строение осадочного разреза. Нижняя часть содержит Са-Мg аутигенные карбонаты — Mg-кальциты разной степени магниезальности и Са-избыточные доломиты. Верхняя часть — бескарбонатная, сложена преимущественно слоистыми силикатами (иллит-смектитами, иллитом, хлоритом, хлорит-смектитом, мусковитом, каолинитом) и сапропелем. Для дифференциальной диагностики слоистых силикатов применен авторский метод математического моделирования их рентгеновских дифракционных профилей, базирующийся на расчете интерференционной функции от одномерно-неупорядоченных кристаллов конечной толщины и процедурах оптимизации модельных параметров эффективными

алгоритмами нелинейного программирования [1, 2]. Установлено, что среди слоистых силикатов преобладают смешанослойные иллит-смектиты с высоким содержанием (от 65 до 70 %) смектитовых межслоев и иллиты с размером доменов 6–8 слоев. Количество обломочного мусковита (размер доменов 32 слоя) и хлорита повышено в низах разреза. Впервые в отложениях озер Забайкалья обнаружен редкий в озерных осадках минерал уэделлит $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Диагностика низкотемпературных хемотропных карбонатов кальцит-доломитового ряда проводилась по отражениям $hkl=104$ в области углов $28-32^\circ 2\theta \text{ CuK}\alpha$. [3] Разложением их сложных XRD профилей на индивидуальные пики функцией Пирсона VII [4] в ансамбле карбонатных минералов установлены Mg-кальциты разной степени магниезальности и Са-избыточные доломиты (в структуре которых избыток CaCO_3 может достигать 7 мол. %), представляющие собой смешанные кристаллы с составом, близким стехиометрическому доломиту. Установлены положение, интегральная интенсивность пиков и количественные соотношения карбонатов в каждом образце.

На основании минералого-кристаллохимических исследований выделены 4 стадии эволюции оз. Арахлей, связанные с изменениями региональных природно-климатических обстановок. Стадия I ($\sim 15.3-10.7$ тыс. л. н.) характеризуется холодным сухим климатом, озеро было мелководным или плайевым, о чем свидетельствует формирование в осадках высоко-Mg кальцитов и Са-избыточных доломитов. В следующую стадию II ($\sim 10.7-7.5$ тыс. л.н.) осаждаются низко-Mg и промежуточный Mg кальциты, увеличивается содержание иллит-смектита и хлорит-смектита, что является показателем увлажнения и потепления климата. Граница стадий II и III ($\sim 7.5-3.8$ тыс. л. н.), где карбонаты исчезают, маркирует значительное изменение структуры водного баланса оз. Арахлей и повышение аридности климата. На дальнейший рост аридности в стадию IV (~ 3.8 тыс. л. н. — наши дни), указывает поведение в осадках глинистых минералов — содержание иллит-смектитов и хлорит-смектитов понижается, а иллита и мусковита повышается. Детальный анализ минеральных компонентов донных осадков малых озер являются эффективным инструментом изучения влияния природ-

но-климатических факторов на процессы континентального осадконакопления.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 16-05-00244 и № 18-05-00329).

Литература

1. *Solotchina E. P., Prokopenko A. A., Vasilevsky A. N. et al. Simulation of XRD patterns as an optimal technique for studying glacial and interglacial clay mineral associations in bottom sediments of Lake Baikal // Clay minerals. 2002. V. 37. P. 105–119.*

2. *Солотчина Э. П. Структурный типоморфизм глинистых минералов осадочных разрезов и кор выветривания. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2009. 234 с.*

3. Deelman J. C. <http://www.jcdeelman.demon.nl/dolomite/bookprospectus.html>.

4. *Солотчин П. А., Солотчина Э. П., Склярёв Е. В., Маркова Ю. Н. Карбонатная седиментация в малых минеральных озерах Западного Забайкалья: отклик на изменения климата голоцена // Докл. РАН. 2017. Т. 473. № 6. С. 703–708.*