

ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В ОСАДКАХ ОЗ. ХУБСУГУЛ (МОНГОЛИЯ) ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ XRD ПРОФИЛЕЙ: СВЯЗЬ С ПАЛЕОКЛИМАТОМ

А. Н. Жданова

*Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск,
zhdanova@uiggm.nsc.ru*

Озеро Хубсугул, расположенное в северо-западной части Монголии, относится к высокогорным (1650 м над уровнем моря), площадь его водосборного бассейна невелика и лишь в 1.7 раза превышает площадь водной поверхности. Изучение глинистых минералов донных осадков Хубсугула и других современных озер представляет особый интерес с точки зрения понимания процессов, происходящих как в самих водоемах, так и в их водосборных бассейнах. Интенсивность выветривания пород водосбора и полученные конечные продукты определяются температурой и влажностью окружающей среды, а, следовательно, ассоциации, структура и кристаллохимия глинистых минералов донных осадков отражают изменения в водосборном бассейне.

Объектом изучения послужили образцы донных осадков буровых кернов 10 станций, расположенных в разных частях акватории оз. Хубсугул. Кернами, длина которых варьирует от 56 до 174 см, вскрыт временной интервал, соответствующий голоцену – позднему плейстоцену (морские изопно-кислородные стадии MIS 1–2). Голоценовые донные отложения сложены диатомовыми илами, плейстоценовые – алевритистыми глинами. Минеральный состав осадков изучался методом рентгеновской порошковой дифрактометрии, кристаллохимические и структурные особенности глинистых минералов, а также их количественные соотношения были выявлены с помощью метода моделирования XRD профилей [Solotchina et al., 2002]. Метод моделирования основан на расчете интерференционной функции от одномерно-неупорядоченных кристаллов конечной толщины [Reynolds, 1980]. Используется анализ соответствия теоретического и экспериментального профилей и процедуры оптимизации методами нелинейного программирования [Гилл и др., 1981]. Для слоистых минералов, присутствующих в пробах, учитываются разные рассеивающие способности слоев и распределение доменов по размерам. Для смешанослойных структур рассчитываются вероятностные параметры, описывающие состав слоев, количество слоев разного типа и характер порядка-беспорядка в распределении их по объему кристалла.

Как показал рентгеновский фазовый анализ, глинистая компонента осадков представлена следующими слоистыми фазами: иллит-сметтитом, хлорит-сметтитом, хлоритом, иллитом, мусковитом и каолинитом. Смешанослойные образования иллит-сметтитового состава развиты в изучаемых отложениях почти повсеместно, причем соотношения между набухающими (сметтитовыми) и ненабухающими (иллитовыми) слоями в них изменяются в широких пределах. Для детальной диагностики иллит-сметтита в смеси глинистых минералов, образцы насыщались этиленгликолем. В этом случае удается получить отчетливый рефлекс (001) около 17 \AA , который и является диагностическим критерием.

Иллит – распространенный глинистый минерал теплых периодов ($d_{001} \sim 10 \text{ \AA}$). На дифрактограммах изученных образцов пики иллита и мусковита перекрываются. Традиционными методами фазового анализа разделить невозможно. О присутствии иллита можно судить лишь по расширению 10 \AA -пика, обусловленному низкой степенью совершенства его структуры. Основные диагностические отражения хлорита также перекрываются с отражениями других глинистых минералов: 14 \AA -пик (001) с

отражением смектита (иллит-смектита), 7Å -пик (002) с отражением каолинита. При насыщении этиленгликолем пик смектита смещается в малоугловую область, что облегчает идентификацию хлорита.

С помощью метода структурного моделирования дифракционных профилей расшифрованы спектры глинистых минералов диатомовых илов и терригенных глин. Достигнуто хорошее согласие между экспериментальными и рассчитанными профилями. Выявлены количественные соотношения и кристаллохимические различия между четырьмя основными компонентами: иллит-смектитом, слюдой, хлоритом и каолинитом.

При моделировании спектров было выделено две модификации слюд. Одна является тонкодисперсной слюдой, которую мы идентифицируем как иллит, и хорошо раскристаллизованная крупнозернистая слюда – мусковит. На рентгенограмме в области $8\text{--}9^\circ$ и $17\text{--}18^\circ$ по $2\Theta^\circ$ $\text{Cu K}\alpha$ дифракционные линии слюды (001 и 002) нельзя смоделировать одной компонентой, поскольку мусковит дает узкий интенсивный пик, а присутствие тонкодисперсного иллита выдает широкое основание линии слюды. Для всех моделей характерной чертой является наличие иллита и мусковита. Мусковит характеризуется большим размером доменов от 20 до 40 слоев, высоким содержанием калия – 0.9 ф.е. и низким железа – 0.1 ф.е. Поведение мусковита в разрезе невыразительно и можно отметить лишь небольшой тренд в сторону его уменьшения в диатомовых илах. Очень контрастно ведет себя иллит. Доля иллита в алевритистых глинах не превышает 15 % слоистой компоненты (в основном 10–11 %), в то же время в диатомовых илах она резко возрастает и достигает 30 %. Иллит имеет малые размеры доменов от 6 до 16 слоев. Содержание смектитовых межслоев не превышает 10 %, содержание калия составляет от 0.5 до 0.7 ф.е., а железа от 0.1 до 0.3 ф.е.

Подобно слюдам, хлорит имеет бимодальное распределение размерности частиц. Большинство моделей предполагает присутствие как тонкодисперсного (размеры доменов 6–13 слоев), так и хорошо раскристаллизованного хлорита (размеры доменов 25 и более слоев). В сумме минералы группы хлорита – хлорит и хлорит-смектит (до 5 % смектитовых слоев в структуре) составляют в них около 40 % глинистой компоненты.

Высокодисперсный иллит-смектит (размеры доменов до 12 слоев) на дифрактограмме занимает малоугловую область и характеризуется низкой степенью структурной упорядоченности. В алевритистых глинах количество смешанослойного иллит-смектита в среднем составляет порядка 30 % слоистой компоненты, а число смектитовых межслоев в структуре не превышает 45 %. При переходе к теплему периоду доля иллит-смектита уменьшается до 10–15 %, параллельно с этим резко возрастает количество смектитовых межслоев (до 70 %). Содержание в осадках каолинита не превышает 5 % глинистой компоненты и на межледниковом интервале оно несколько ниже, чем на ледниковом.

В результате выполненных исследований было выявлено, что глинистые осадки реагируют на изменения климата в водосборном бассейне следующим образом. В теплый период (голоцен), когда в озере происходил расцвет диатомовых водорослей, а на суши господствовало интенсивное химическое выветривание, в осадках, представленных диатомовыми илами, глинистые минералы представлены иллит-смектитом, иллитом, мусковитом, хлоритом и каолинитом. В холодный (верхнеплейстоценовый) период содержание биогенного кремнезема стремится к нулю и в водосборном бассейне озера преобладает физическое выветривание, что приводит к кристаллохимическим и структурным изменениям в глинистых минералах, изменению их количественных соотношений.

Выявлены главные отличительные черты минерального состава осадков на ледниковом и межледниковом интервалах, кристаллохимические и структурные различия их

основных компонентов. Количество глинистых минералов в голоцене составляет в среднем 50 % минеральной части осадка против 30 %, накопившихся за время последнего оледенения. Климатические условия сказываются также и на составе неслоистых минералов. Помимо кварца, плагиоклаза, амфибола, являющихся сквозными минералами, в ледниковое время в осадках озера формируются карбонаты.

Межледниковый период характеризуется повышенным уровнем в осадках иллита и высокой концентрацией смектитовых межслоев в структуре иллит-смектита, что является показателем теплого и влажного климата [Солотчина и др., 2004]. В плейстоценовых осадках среди глинистых минералов преобладает обломочный мусковит. В осадках голоцена иллит-смектит и иллит находятся в обратных отношениях, а доля хлоритовых минералов понижается в сравнении с плейстоценом. Каолинита в осадках мало и ведет он себя скорее как обломочный минерал.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 08-05-00680).

Литература

Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. М.: Мир, 509 с.

Солотчина Э. П., Кузьмин М. И., Прокопенко А. А. и др. Глинистые минералы и палеоклиматические сигналы в голоцен-плейстоценовых осадках озера Байкал // ДАН, 2004. Т. 398. № 3. С. 390–395.

Reynolds R. C. Interstratified clay minerals // Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification (Brindley G.W., Brown G., eds), London: Mineralogical Society, 1980. P. 249–303.

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. № 1. P. 105–119.