

Томское отделение Российского минералогического общества  
Томский государственный университет  
Кафедра минералогии и геохимии



# **МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ АЗИИ**

**Выпуск 2**

Томск  
2013

можно сделать выводы о глубине процессов кристаллизации и степени закрытости системы.

– Термолюминесценция в подкрепление к данным рентгенолюминесценции также дает характеристику условиям минералообразования, причем, часто не первичным, а наложенным, что дополнительно характеризует особенности генезиса всей пегматитообразующей системы.

*Работа выполнена в рамках проекта ВЦП Кадры №14. В 37.21.0686.*

### **Литература**

1. Борозновская Н.Н. Особенности рентгенолюминесценции полевых шпатов как показатели их генезиса // Зап. Всесоюз. минерал. общества. – 1989. – №1. – С. 110–119.
2. Борозновская Н.Н., Макагон В.М., Жукова И.А. Влияние геохимических и кристаллохимических факторов на образование люминогенов в калиевом полевом шпате из редкометалльных пегматитов // Геохимия. – 1996. – № 12. – С. 1–9.
3. Борозновская Н.Н., Небера Т.С., Рогозина Т.Ю. Люминесценция калинатовых полевых шпатов из щелочного комплекса Вишневых гор (Урал) // Геохимия. – 1982. – № 9. – С. 1366–1369.
4. Борозновская Н.Н., Сапожникова Л.Н. Особенности люминесценции полевых шпатов из мусковитовых пегматитов Мамского слюдоносного пояса // Минералогия, геохимия и полезные ископаемые Сибири. – Томск: Томск. отд-ние ВМО. – 1990. – Вып. 1. – С. 236–246.
5. Кузнецов Г.В., Таращан А.Н. Люминесценция минералов гранитных пегматитов. – Киев.: Наукова думка, 1988. – 180 с.
6. Сапожникова Л.Н., Жукова И.А., Борозновская Н.Н. Тенденция изменения люминесцентных свойств полевых шпатов в гранитных пегматитах мусковитовой формации // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 2004. – № 6. – С. 37–47.

## **РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ ГЛИНОПОДОБНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РУБЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)**

**Н.Н. Борозновская, Л.А. Зырянова, А. В. Павловская, Т.С. Небера**

*Томский государственный университет, г. Томск*

*e-mail: boroznovskaya@mail.ru*

Рубцовское, Захаровское и Степное полиметаллические месторождения, входящие в состав Рубцовского рудного района Рудного Алтая, характеризуются широким развитием эндогенных и гипергенных глиноподобных образований как в зоне окисления, так и в первичных рудах [1]. Обычно эти образования входят в состав рудных агрегатов, оказывая влияние

на их технологические свойства. Внешне все они очень сходны, образуя рыхлые агрегаты светлой окраски, нередко с сероватым, зеленоватым, коричневатым оттенками. При изучении таких образований установлено, что зачастую они имеют сложный минеральный состав, и включают не только собственно глинистые минералы (каолинит, диккит, галлузит), но и гидрослюды (иллит) и минералы класса сульфатов (алунит, осаризавит, биверит). Причем собственно глинистые минералы ухудшают технологические свойства руд, в то время как медно-свинцовые сульфаты попадают в категорию рудных минералов. Поэтому минеральный состав глиноподобных образований необходимо знать и учитывать при определении технологических свойств руд.

Идентификация видового состава таких глиноподобных образований представляет определенную сложность и предполагает привлечение современных методов исследования вещества. Подобные исследования обычно требуют специальной пробоподготовки и достаточно дорогостоящие. Настоящая работа выполнена с целью выяснения возможности использования рентгенолюминесцентного анализа для идентификации минералов глиноподобных образований из зоны окисления сульфидных месторождений. Интерес к люминесцентным свойствам этих образований объясняется желанием найти более экспрессные и менее дорогостоящие методы определения их минерального состава.

Исследования проведены на примере глиноподобных образований Рубцовского месторождения. Их минеральный состав определен по результатам рентгенофазового (рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO) анализа (табл. 1), подтвержденного результатами термического (установка STA 409 PC LUXX) анализа, растровой электронной микроскопии и микроанализа (на базе электронного микроскопа VEGAII LMU).

Таблица 1 – Результаты рентгенофазового анализа

Минерал, химическая формула [3]	Основные линии рентгенограммы и их интенсивность	Основные линии рентгенограммы по Михесву[2]
каолинит $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$	<b>7,15(10)</b> -3,57(8)-2,36(8)- 1,71(8)-1,29(6)-1,24(6)-4,44(5)	<b>7,15(10)</b> - <b>3,57(10)</b> -2,33(9)- 1,78(6)-1,28(6)
диккит $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$	<b>7,18(10)</b> - <b>3,59(7)</b> -4,13(6)- 2,33(6)-3,80(4)	<b>7,24(10)</b> - <b>3,59(8)</b> -2,35(8)
галлузит $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8 \cdot 4H_2O$	<b>4,41(10)</b> -7,62(5)-3,62(5) 2,56(4)-2,50(4)-2,40(4)- 2,35(4)- <b>1,48(4)</b>	<b>4,41(10)</b> -3,62(6)-2,57(7)- <b>1,48(10)</b>
иллит $K_{-1}Al_{-2}[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$	<b>10,00(10)</b> - <b>4,48(9)</b> - <b>3,33(9)</b> - 2,61(6)-1,53(6)	<b>9,98(10)</b> - <b>4,45(10)</b> - <b>3,35(10)</b> -2,56(8)
алунит $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$	4,95(6)- <b>2,98(10)</b> -3,50(5)- <b>1,90(5)</b>	4,91(7)- <b>2,97(10)</b> -3,48(8)- <b>1,89(10)</b>
осаризавит $Pb(Al_2Cu)(SO_4)_2(OH)_8$	<b>5,75(8)</b> -3,52(6)- <b>3,00(10)</b> 2,87(5)-2,84(5)- <b>1,92(5)</b> -1,50(5)	<b>5,79(10)</b> -3,53(4)- <b>3,01(8)</b> - 2,88(7) [3]

Примечание: Анализы выполнены в ЦКП ГГФ ТГУ, аналитик Т.С. Небера.

Для всех исследуемых минералов получены спектры рентгенолюминесценции (РЛ) в спектральном диапазоне длин волн 200–400 нм. РЛ исследования проводились на установке, собранной на базе монохроматора МДР-12 и рентгеновского аппарата УРС-55 с компьютерной обработкой результатов анализа. Полученные спектры РЛ представляют собой широкие полосы излучения в УФ спектральном диапазоне длин волн.

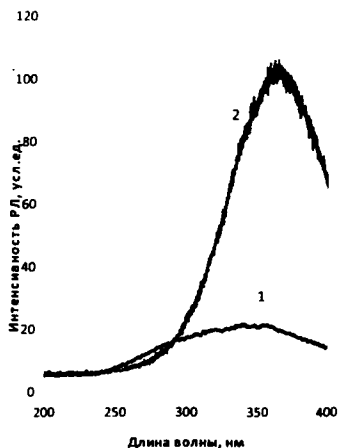


Рисунок 1 – Спектры рентгенолюминесценции каолинита (1) и диккита (2)

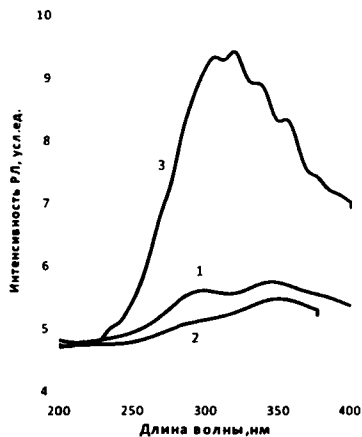


Рисунок 2 – Спектры рентгенолюминесценции алунита (1), осаризавита (2) и осаризавита с галлузитом (3)

По аналогии с другими силикатами и сульфатами, люминесцентные свойства которых изучены ранее [1, 2], можно полагать, что люминесценция исследуемых минералов обусловлена наличием дефектов на базе алюмо- и кремнекислородных тетраэдров, возбужденных кислородных состояний и вакансий. Подобная люминесценция относится к собственной люминесценции (в отличие от примесной). Наиболее интенсивная РЛ наблюдалась для моноклинного диккита с максимальным излучением на  $\lambda=350\text{--}360$  нм (рис. 1). У триклинного каолинита РЛ значительно слабее, но в более широком спектральном диапазоне с максимальным излучением при  $\lambda=285\text{--}300$  и  $340\text{--}350$  нм (рис. 1).

Необходимо отметить, что плохо раскристаллизованный каолинит светит на порядок хуже, чем хорошо раскристаллизованный. Галлузит выделяется преобладанием в спектре РЛ коротковолнового излучения с максимумом в спектральном диапазоне 290–310 нм (рис. 2). Кривая 3 на рисунке 2 фиксирует спектральный состав излучения галлузита, поскольку находящийся при нем

осаризавант имеет очень слабую полосу излучения в более длинноволновой области. По интенсивности излучение галлуазита сравнимо с каолиновым. По-видимому, характер спектра РЛ для галлуазита в большой мере зависит от степени его естественной или искусственной дегидратации. После прокаливания спектры РЛ каолинита и галлуазита приобретают сходный характер (иногда с преобладанием коротковолнового излучения). Спектры РЛ алунита и осаризаванта чрезвычайно маломощны в рассматриваемом спектральном диапазоне. Тем не менее, они имеют свои особенности (рис. 2), заключающиеся в наличии заметного коротковолнового максимума у алунита.

Графики термолюминесценции (ТЛ) получены при нагревании образцов от комнатной температуры до 450° С (рис. 3). Они представляют собой интегральное высвечивание различной интенсивности с максимальным излучением при достаточно высоких температурах (350–400° С). Такой характер термовысвечивания связан с наличием глубоких ловушек, в создании которых участвовали собственные дефекты. Из рисунка следует, что наибольшей запасенной светосуммой обладает галлуазит, наименьшей – осаризавант. Сравнение кривых ТЛ 1, 4 и 5 (рис. 3) наглядно показывает, что по этим графикам можно оценивать процентное содержание осаризаванта и галлуазита в их совместном агрегате.

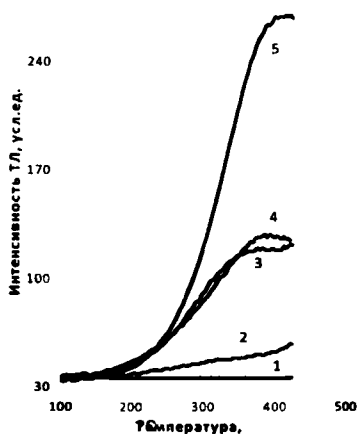


Рисунок 3 – Кривые термовысвечивания (ТЛ) глинистых минералов: 1 – осаризавант, 2 – диксит, 3 – каолинит, 4 – осаризавант с галлуазитом, 5 – галлуазит

Полученные результаты показали, что люминесцентные свойства можно использовать при определении минерального состава глиноподобных образований. Высокая чувствительность рентгенолюминесцентного и термолюминесцентного методов, простота пробоподготовки делают эти методы перспективными при изучении глиноподобных образований не только

месторождений Рубцовского рудного района, но и собственно глинистых минералов других объектов.

#### Литература

1. Горобец Б.С., Рогожин А.А. Люминесцентные спектры минералов. Справочник. – М.: ВИМС. 2002. – 300 с.
2. Таращан А.Н. Люминесценция минералов. – Киев: Наукова Думка, 1978. – 298 с.