

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



МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ АЗИИ

Выпуск 2

Томск
2013

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КАЛИЕВОГО ПОЛЕВОГО ШПАТА РАЗНОГЛУБИННЫХ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ МОНГОЛИИ

Н.Н. Борозновская, А.А. Баева, С.И., Коноваленко, О.Г. Жеребецкая,
Т.С. Небера

*Томский государственный университет, г. Томск
e-mail: boroznovskaya@mail.ru*

Калиевые полевые шпаты (КПШ), одни из главных породообразующих минералов гранитных пегматитов, являются наиболее типичными «сквозными» минералами, физические свойства которых несут ценную информацию о генетических особенностях пегматитового процесса. Авторами исследовались КПШ пегматитовых тел Монгольской части Центрально-Азиатского складчатого пояса (100 проб). Целью работы было изучение особенностей люминесценции калиевых полевых шпатов пегматитовых тел различной формационной принадлежности Западной и Центральной Монголии, их интерпретация и получение генетической информации по ряду люминесцентных признаков.

Люминесценция породообразующих минералов для данных объектов практически не изучена. Вместе с тем типоморфизм люминесцентных характеристик КПШ, их генетическая информативность довольно широко используются при решении различных минералого-геологических задач [5, 2]. Нами в качестве предмета исследований был выбран блоковый КПШ из трех различных формаций гранитных пегматитов (малоглубинные хрусталеносные, среднеглубинные редкометалльные, глубинные слюдоносно-редкометалльные). КПШ представлен в основном максимальным микроклином ($\Delta t_1 = t_{10} - t_{1\pi}$ изменяется от 0,985 до 0,819), редко – промежуточным микроклином и ортоклазом. Самые низкие значения структурной упорядоченности отмечены в КПШ хрусталеносных пегматитов.

Методика исследования

Спектры рентгенолюминесценции (РЛ) снимались с помощью установки, собранной на базе монохроматора МДР-12 с компьютерным управлением. Источником возбуждения служила рентгеновская трубка БСВ-2 от аппарата УРС-55 с Мо – антикатодом. Спектральная область от 200 до 900 нм охватывалась, благодаря использованию ФЭУ-79, ФЭУ-100 и сменных дифракционных решеток с рабочими областями, в диапазонах 200–500 нм и 350–1000 нм.

Регистрация интегральной термолюминесценции (ТЛ) проводилась на установке, собранной по схеме, основанной на измерении постоянного тока. Система управления термолюминескопом (ТСЛ) состоит из следующих частей:

- 1) высоковольтного регулируемого блока питания фотоэлектронного умножителя (ФЭУ-39 в светозащитной камере с теплоизоляцией);
- 2) двух усилителей постоянного тока (УПТ) для фотоумножителя и для термодпары;

3) блока управления нагревом печи ТЛС;

4) блока оцифровки сигналов с ФЭУ и термопары и их передачи на ПК.

Нагревательный блок состоит из печи и регулятора температуры, измерение которой осуществляется с помощью хромель-алюмелевой термопары. Термопара вместе с нагревателем градуировалась по реперным веществам. Скорость нагрева образца линейна и составляет $3,8-4^{\circ}\text{C}$ в секунду.

Обсуждение полученных результатов

Получены спектры рентгенолюминесценции (РЛ) для КПШ из трех формаций гранитных пегматитов в диапазоне длин волн 200–900 нм и графики термолюминесценции (ТЛ), отражающие термовысвечивание от комнатной температуры до 500°C .

В спектрах РЛ выделяются полосы излучения различной интенсивности: Ti^+ (Pb^{2+}) с максимумом на 285 нм, AlO_4^{4-} (470 нм), Mn^{2+} (570 нм), Fe^{3+} (710 нм) и ИК-полоса (860–880 нм). На кривых ТЛ для всех образцов четко прослеживается максимум различной интенсивности при 210°C . На основе анализа данных ТЛ и РЛ для каждой из формаций был выделен набор характерных признаков, включающих для спектров РЛ длину волны, интенсивность излучения, определение центра свечения; для кривых термовысвечивания – температуру максимального высвечивания, интенсивность ТЛ в полосе максимального высвечивания.

Хрусталеносные пегматиты

Среди КПШ хрусталеносных пегматитов по данным люминесцентных анализов (РЛ и ТЛ) были выделены 3 группы, отличающиеся по типу спектров и по интенсивности РЛ и термовысвечивания (рис. 1 и 2).

Для КПШ первой группы характерны высокие концентрации люминогена Fe^{3+} , о чем свидетельствует интенсивная РЛ в диапазоне длин волн 700–730 нм. Это может быть следствием повышенного окислительного потенциала среды минералообразования малоглубинных пегматитов. Известно, что появление интенсивной полосы трехвалентного железа связано с окислительными и щелочными условиями образования [3, 1]. Кроме Fe^{3+} в спектрах РЛ данных КПШ присутствуют значительно более слабые по интенсивности полосы излучения AlO_4^{4-} и Mn^{2+} и едва заметный Ti^+ . ТЛ для образцов данной группы самая слабая по интенсивности (рис. 2). Пегматиты этой группы характеризуются повышенным содержанием Sr и Ba (относительно других групп хрусталеносных пегматитов) и пониженным фоном редкометальности.

Спектры РЛ II группы хрусталеносных пегматитов характеризуются слабоинтенсивной полосой Fe^{3+} , что свидетельствует о понижении окислительного потенциала и может быть следствием увеличения глубины пегматитообразования относительно первой группы. А повышенная по сравнению с I группой интенсивность полосы Ti^+ (Pb^{2+}) на 290 нм свидетельствует о повышении редкометального фона. Эта группа образцов характеризуется повышенным (по сравнению с остальными группами) содержанием лантаноидов, иттрия, тантала и ниобия, сконцентрированных в аксессуарных минералах.

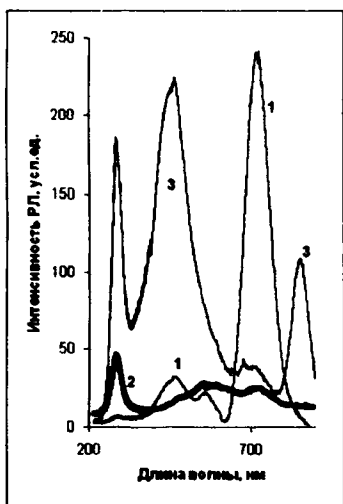


Рисунок 1 – Спектры рентгенолюминесценции калиевых полевых шпатов из хрусталеносных пегматитов с различным фоном редкометальности: 1 – пониженный фон редкометальности, 2 – повышенное содержание лантаноидов, иттрия, тантала и ниобия, 3 – повышенный фон общей редкометальности (Rb, Li, Ta, Sn).

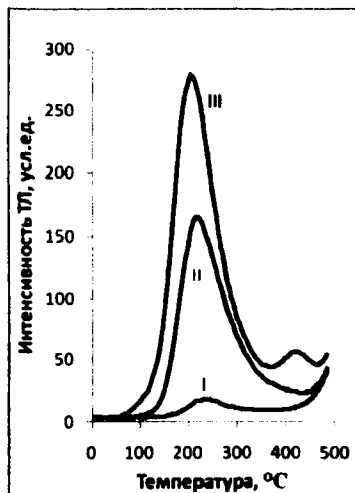


Рисунок 2 – Кривые термовысвечивания калиевых полевых шпатов из хрусталеносных пегматитов с различным фоном редкометальности (группы 1, 2, 3 такие же, как и к рис. 1).

Третья группа характеризуется повышенными значениями РЛ Pb^{2+} , AlO_4^{4-} и ИК-полосы. Поскольку известно, что в КПШ пегматитовых жил наблюдается положительная корреляция между интенсивностью максимума 285 нм и содержанием Rb [1, 5], можно говорить о повышенной концентрации последнего в КПШ III группы хрусталеносных пегматитов и об усилении щелочности условий минералообразования по данным люминесцентного анализа. ТЛ для этих образцов наиболее значительная по светосумме. Интенсивное термовысвечивание происходит за счет тех же люминогенов, что и в РЛ. По результатам спектрального анализа для пегматитов данной группы отмечено самое высокое содержание Rb в КПШ и повышенный фон общей редкометальности (Rb, Li, Ta, Sn).

Такое соответствие между данными РЛ и ТЛ для хрусталеносных пегматитов может свидетельствовать о том, что эти пегматиты в своей геологической истории не претерпели наложенных изменений, которые существенным образом повлияли бы на термолюминесценцию.

Редкометалльные пегматиты

По данным РЛ анализа редкометалльные пегматиты разделились на 4 группы, которые соответствуют определенному фону редкометальности. От первой группы к четвертой усиливается степень редкометальности (по результатам спектрального и химического анализов). В этом же направлении наблюдается значительный рост интенсивности полосы РЛ Tl^+ и вместе с тем увеличивается отношение интенсивностей Tl^+/AlO_4^{4-} .

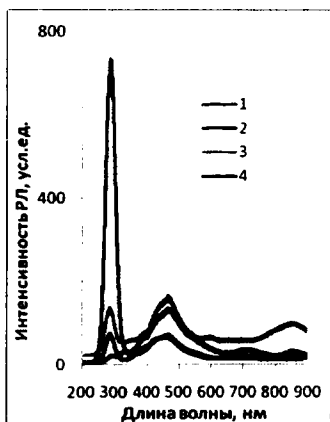


Рисунок 3 — Спектры рентгенолюминесценции калиевых полевых шпатов из редкометалльных пегматитов с различным фоном редкометальности: от первой группы к четвертой усиливается степень редкометальности

нельзя. Из рисунка 4 видно, что интенсивность ТЛ меняется в широких пределах внутри каждой группы. Скорее всего, сильные снижения интенсивности ТЛ связаны с потерей светосуммы в результате температурного воздействия процессов регионального метаморфизма.

Слюдоносные пегматиты

Спектры РЛ для всех рассмотренных образцов слюдоносной формации отличаются от КПШ других формаций отсутствием РЛ Fe^{3+} и повышенной концентрацией структурных дефектов AlO_4^{4-} и SiO_4^{3-} , зафиксированных по максимальному излучению в спектральном диапазоне 400–470 нм (рис. 5). Эта особенность КПШ является следствием медленного остывания, больших глубин и восстановительных условий минералообразования слюдоносных пегматитов [1, 6].

Таким образом, по данным РЛ все исследуемые образцы редкометальной формации пегматитов (так же как и хрусталеносной) можно расположить в ряд возрастания редкометального фона.

Что касается ТЛ КПШ, то, в отличие от хрусталеносных пегматитов, для которых наблюдалось полное соответствие между данными по РЛ и ТЛ (они менялись в одном направлении в соответствии с возрастанием редкометального фона), для КПШ редкометальных пегматитов такого эффекта не наблюдается. Если данные РЛ КПШ редкометальной формации позволяют расположить их в ряд возрастания редкометального фона, то по результатам ТЛ этого сделать

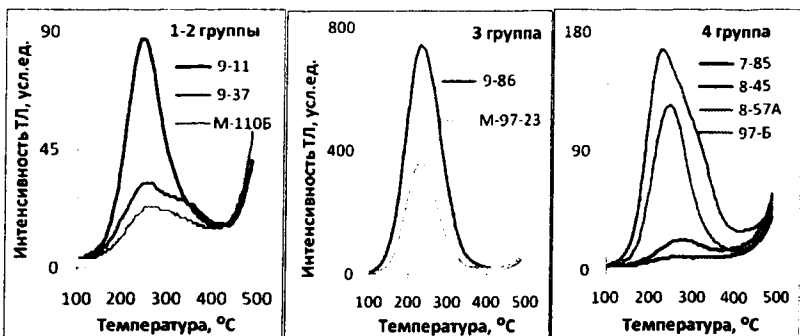


Рисунок 4 – Кривые термовысвечивания (термолюминесценция) калиевых полевых шпатов из редкометалльных пегматитов с различным фоном редкометальности (от первой группы к четвертой усиливается степень редкометальности): 1 группа (9-11, 9-37), 2 группа (М-110Б), 3 группа (9-86, М-97-23), 4 группа (7-85, 8-45, 8-57А, 97-Б)

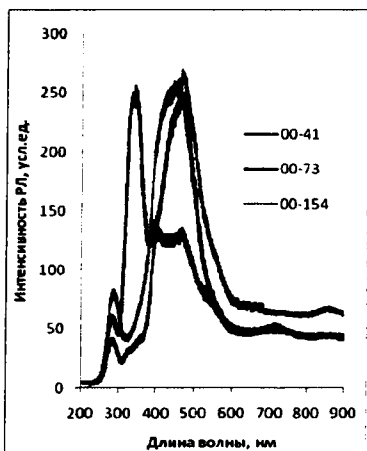


Рисунок 5 – Спектры рентгенолюминесценции калиевых полевых шпатов из слюдоносных пегматитов

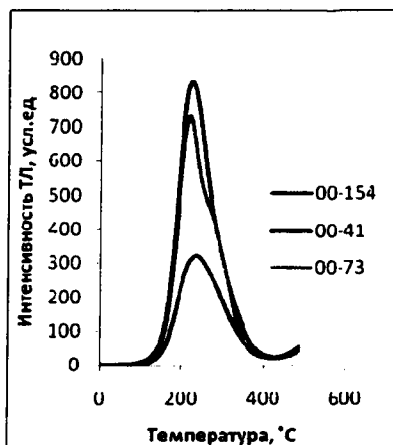


Рисунок 6 – Кривые термовысвечивания (термолюминесценция) калиевых полевых шпатов из слюдоносных пегматитов.

На рисунке 5 показаны характерные три типа спектров РЛ КПШ слюдоносных пегматитов. Согласно рисунку, можно отметить ряд общих признаков, характеризующих КПШ слюдоносных пегматитов:

– все спектры характеризуются наличием полосы Tl^+ (Pb^{2+}) на 290 нм, указывающим на некоторую редкометальность. Однако она значительно ниже, чем у КПШ других формаций со средним и повышенным фоном редкометальности;

– все спектры характеризуются наличием типичной для КПШ полосы 470 нм, обусловленной структурными дефектами AlO_4^{4-} – и перекрывающей другую полосу SiO_4^{3-} (410–430 нм). Совместное присутствие этих дефектов, чрезвычайно высокая интенсивность их высвечивания являются следствием влияния структур распада – пертитов [1]. Об этом же свидетельствует присутствие в ряде образцов КПШ полосы Ce^{3+} (320–340 нм), характерной для плагиоклаза.

Что касается ТЛ КПШ слюдоносных пегматитов, обращает на себя внимание её высокая интенсивность, что соответствует повышенной концентрации Al-центров (рис. 6) и является следствием повышенных глубин формирования. То, что интенсивность ТЛ достаточно большая для всех образцов данной формации, может быть следствием относительного постоянства температурных условий и незначительной роли наложенных процессов на протяжении геологической истории существования слюдоносных пегматитов.

На основании изучения полученных спектров РЛ и данных ТЛ были установлены следующие типоморфные люминесцентные признаки формаций.

Малоглубинные хрусталеносные пегматиты характеризуются наличием интенсивной полосы Fe^{3+} , что отражает активный кислородный режим формирования пегматитов и повышенные температуры кристаллизации КПШ.

Для среднеглубинных редкометалльных пегматитов характерны в первую очередь примесные центры свечения, особенно Ti^+ , генетическая природа которого свидетельствует о высокой степени дифференциации расплава.

Для слюдоносных пегматитов характерно свечение структурных дефектов и отсутствие полосы Fe^{3+} , что определяется восстановительными условиями кристаллизации и большей глубиной.

ТЛ растет в направлении от малоглубинных формаций к глубинным, что отражает повышение роли дефектов на базе тетраэдрических комплексов и снижение роли ионов Fe^{3+} .

Таким образом, РЛ и ТЛ породообразующего КПШ разноглубинных пегматитов Монголии является одновременно и следствием, и свидетельством эволюционной направленности развития пегматитов.

Некоторые выводы по выявленным люминесцентным характеристикам КПШ:

– Интенсивность полосы РЛ Ti^+ может служить индикатором редкометальности пегматитовых жил различной формационной принадлежности. И если по отношению к редкометалльным пегматитам этот индикатор был известен и использовался ранее, то для хрусталеносных пегматитов авторами впервые сформулирован принцип разделения их на группы по степени редкометальности.

– Наличие в спектрах РЛ интенсивных полос структурных дефектов AlO_4^{4-} и SiO_4^{3-} , а также полос Ce^{3+} и Mn^{2+} (последние изоморфно замещают Ca^{2+} в структуре полевых шпатов) может свидетельствовать о наличии в кристаллической решетке КПШ Ca-Na фаз, соответствующих относительно большим глубинам образования и медленной скорости остывания.

– Характер интенсивности свечения Fe^{3+} в исследуемых КПШ говорит об окислительно-восстановительном потенциале пегматитообразования, из чего

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 калинатровых 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