

В. И. Михайлов
*Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург*

**Распределение редкоземельных и редких элементов в массивах
Li-F гранитов на примере Вознесенского рудного узла в Приморье**
(научный руководитель Е. В. Баданина)

Редкометальные Li-F граниты являются наиболее поздними дифференциатами кислых плюмазитовых магм, в которых происходит накопление некогерентных элементов: Li, Rb, Cs, Ta, Nb, в меньшей мере – W, Sn и увеличение концентрации летучих – F, B, CO₂, H₂O. Повышение содержаний редких элементов приводит к их выпадению в виде самостоятельных акцессорных минералов, что может привести к образованию промышленных концентраций.

Объектом настоящего исследования в работе послужил Вознесенский массив редкометальных гранитов в Приханкайском районе Приморья. С металлогенической точки зрения объект интересен тем, что с ним связано уникальное по запасам месторождение флюоритовых руд, разрабатываемое на протяжении последних 40 лет.

Отбор каменного материала производился автором во время полевых работ 2004–2007 гг., выполняемых в рамках экспедиционных проектов РФФИ. Часть материала, в том числе по глубокой скважине № 407б (глубина до 1200 м) была любезно предоставлена заведующим лаборатории геохимии и минералогии редких элементов СПбГУ Л. Ф. Сырицо.

Вознесенский рудный узел расположен на юго-восточной окраине Ханкайского массива в пределах Вознесенского антиклинория, сложенного терригенными и карбонатными породами протерозоя – нижнего палеозоя. Наиболее важное рудоконтролирующее значение в западной и центральной части Вознесенского антиклинория имеют известняки волокушинской свиты, послужившие материалом для образования флюоритовых руд главных месторождений района – Вознесенского и Пограничного [Говоров, 1977].

В составе вознесенского комплекса гранитов выделяются две фазы: главную фазу представляют среднезернистые порфировидные биотитовые, нередко турмалин-содержащие граниты, слагающие относительно крупные массивы – Ярославский, Первомайский, Чихезский. В качестве заключительной фазы выступают редкометальные Li-F граниты, образующие малые штоки, апикальные части которых интенсивно альбитизированы и грейзенизированы [Сырицо, 2002].

Возрастные соотношения этих массивов оценивались различными методами геохронологических исследований (Rb-Sr, K-Ar, Sm-Nd и U-Th-Pb) [Рязанцева, 1994; Руб, Руб, 2006], и не всегда согласуются между собой. Большинство исследователей считает, что указанные массивы формировались в одном временном интервале – 450–455 млн. лет. Наиболее поздними являются биотитовые граниты Кировского участка, с которыми связаны редкометальные Li-F граниты. При этом между этими породами устанавливается временной разрыв – согласно М. Д. Рязанцевой [1994] биотитовые и протолитионитовые граниты формируются в интервале 441±37 млн лет, в то время как танталоносные топазсодержащие граниты образуются в интервале 384±10 млн лет.

Вертикальная зональность Вознесенского массива была изучена по наиболее глубокой скважине № 4076, пробуренной до глубины 1200 м. Глубокие горизонты скважины до 600 м представлены протолитионитовыми гранитами, выше по разрезу в породах увеличивается содержание альбита, топаза, Li-Fe слюд. В верхней части массива эти породы интенсивно альбитизированы и грейзенизированы и превращены в циннвальдит-топазовые грейзены. Местами в них отмечаются высокие содержания флюорита. Экзоконтактовая часть массива представлена флюоритизированными кварц-слюдистыми и кварц-топазовыми грейзенами.

Представление о закономерностях распределения редких и редкоземельных элементов основывается на анализах, выполненных в аналитической лаборатории «ФГУП ВСЕГЕИ» методом ICP-MS. Судя по этим данным, в вертикальном разрезе пород массива от глубоких горизонтов к верхним прослеживается закономерное увеличение характерных для редкометалльных гранитов редких элементов – Rb, Ta, Nb и уменьшение – Sr, Zr, Hf и PЗЭ. Однако, в отличие от известных массивов Li-F гранитов Забайкалья и Приморья, для Вознесенского массива контрастность проявления указанной закономерности менее выражена, а иногда проявляется обратный эффект. Так, содержание рубидия увеличивается от 796 до 1970 г/т, тантала – от 9.43 до 54.1 г/т, ниобия – от 62.4 до 132 г/т. В то время как содержание стронция изменяется очень слабо – от 47.8 в гранитах глубоких горизонтов (на глубине 1200 м) до 23 г/т на глубине 181–183 м, а непосредственно в эндоконтактовой зоне отмечается резкое увеличение его содержания до 410 г/т. Такая же картина наблюдается в распределении бария, содержание которого в зоне эндоконтакта увеличивается до 373 г/т. Аномальный характер в распределении этих элементов обусловлен прежде всего контрастным воздействием вмещающих карбонатных пород волокушинской свиты. Взаимодействие карбонатного вещества с кислыми Li-F гранитами и их постмагматическими погонями приводит к накоплению стронция и бария.

Поведение PЗЭ в породах Вознесенского массива подчиняется следующим закономерностям: от глубоких горизонтов к апикальной части массива падает сумма PЗЭ – от 209 г/т в протолитионитовых гранитах до 9 г/т в альбитизированных гранитах, падает содержание Eu (от 0.035 до <0.005), растёт La/Yb-отношение (от 0.8 до 1.9), благодаря чему нормированный спектр распределения PЗЭ в альбитизированных гранитах приобретает «птицеобразный» мотив. В спектрах распределения PЗЭ наиболее поздних дифференциатов массива был обнаружен так называемый M-образный «тетрадный эффект». Как известно, он возникает в высокодифференцированных расплавах, богатых летучими – F, Cl, CO₂, H₂O, и др. – на заключительной стадии их кристаллизации [Wongming et al., 2001]. Причиной тетрадного эффекта является несмесимость натрового алюмофторидного и силикатного расплавов, которая была установлена в экспериментах над силикатными флюидонасыщенными гранитоидными системами [Граменицкий, Щекина, 2005].

Таким образом, можно предположить, что на позднем этапе развития Вознесенской рудно-магматической системы от силикатного расплава отделился специфический рудоносный фторидный расплав-раствор, который оказался ответственным за кристаллизацию флюоритсодержащей зоны. Данный факт подтверждается присутствием в породообразующем кварце из Li-F гранитов массива расплавных включений, содержащих дочерние минералы аналогичные минералам пород – высокорубидиевый полевой шпат, фторсодержащие слюды и топаз.

Литература

- Говоров И. Н. Геохимия рудных районов Приморья. М.: Наука, 1977.
- Граменицкий Е. Н., Шекина Т. И. Поведение редкоземельных элементов и итрия на заключительных этапах дифференциации фторсодержащих магм // Геохимия, 2005. № 1. С. 45–59.
- Руб А. К., Руб М. Г. Редкометальные граниты Приморья. М., 2006.
- Рязанцева М. Д. и др. Рубидий стронциевые изохроны и петрогенезис магматических пород Вознесенского рудного района // Тихоокеанская геология, 1994. № 4. С. 60–73.
- Сырицо Л. Ф. Мезозойские гранитоиды восточного Забайкалья и проблемы редкометального рудообразования. СПб.: СПбГУ, 2002. 360 с.
- Borming J., Fuyuan W., Capdevila R. et al. Highly evolved juvenile granites with tetrad REE patterns: the Woduhe and Baerzhe granites from the Great Xing'an Mountains in NE China // Lithos, 2001. Vol. 59. P. 171–198.

А. К. Калайгорода

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,
г. Харьков, Украина
sankalay@mail.ru*

Особенности минерального состава редкометальных продуктивных пород (на примере Мазуровского комплексного Zr-Nb-Ta месторождения, Украина) (научный руководитель В. В. Андреев)

Обеспечение промышленности Украины цирконием осуществлялось Малышевским (Самотканским) месторождением россыпных титан-циркониевых руд. В связи с распадом СССР, перед страной возникла необходимость за счет собственных ресурсов обеспечить металлургию редкими металлами, в первую очередь, ниобием и танталом. Требованиям промышленности как к комплексности руд, так и к уровню геологического изучения в это время полностью отвечало Мазуровское редкометальное месторождение. Была завершена предварительная разведка, а разработанная технология обогащения руд предусматривала как получение циркониевого, так и пирохлорового концентратов, с отделением соединений ниобия и тантала.

Материал для работы был собран за время прохождения производственной практики в Приазовской ГРЭ в г. Волноваха, Донецкой области.

Мазуровское редкометальное месторождение находится в 45 км на север от г. Мариуполь в Октябрьском щелочном массиве Приазовского мегаблока Украинского кристаллического щита. Месторождение представляет собой часть жильного поля, в пределах которого размещены субпараллельные пологозалегающие рудные тела [Отчеты..., 2003]. Геологические работы на территории месторождения впервые начаты в 30-х гг. XX в., когда при поисковых работах была предположена перспективность промышленного значения месторождения. В геологическом изучении Мазуровского месторождения можно выделить два этапа: первый – с 1934 по 1960 г. и второй – 1980–2003 гг. Были проведены геологосъемочные, горнопроходческие, буровые, геофизические и др. виды работ. Опробовались руды на содержание ZrO₂ и