

ОНТОГЕНИЯ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ КАК  
ИНДИКАТОР ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА И МИНЕРАГЕНИИ  
НАДСУБДУКЦИОННОГО МАГМАТИЗМА УРАЛА

**Холоднов В.В. (holodnov@igg.ural.ru)**

Уральское отделение. Институт геологии и геохимии УрО РАН

ONTOGENY OF HALOGEN-BEARING MINERALS AS AN INDICATOR  
OF FLUID REGIMES AND MINERALIZATION OF SUPER SUBDUCTION  
MAGMATISM OF THE URALS

**Kholodnov V.V. (holodnov@igg.ural.ru)**

Ural branch. Institute of Geology and Geochemistry UrB RAS

Изучение режима галогенов в процессах магматизма и рудообразования – актуальное и перспективное направление минералого-геохимических и петрологических исследований. Это обусловлено важной ролью галогенов (хлора и фтора) в петро- и рудогенезе, где они выступают в качестве активных экстрагентов и транспортеров многих петрогенных и рудных элементов. На примере Магнитогорского мегасинклинория (ММС) изучены закономерности распределения галогенов (Cl и F) в гидроксилсодержащих минералах (апатите, амфиболе и биотите) интрузивных комплексов, имеющих различный состав и формирующихся в условиях различных геодинамических режимов: девонской островодужной системы, позднедевонско-каменноугольного окраинно-континентального пояса, постостроводужной раннекаменноугольной Магнитогорской рифтовой структуре.

Для хорошо сохранившейся в составе ММС девонской палеодуги, реконструируется полный вертикальный ряд магматических комплексов, индикаторных для юной, развитой и зрелой стадий ее формирования. Режим галогенов на самой ранней стадии формирования девонской палеодуги охарактеризован на примере контрастных вулканитов карамалыташской риолит-базальтовой серии. Для интрузивных комплексов развитой и зрелой островодужных стадий (400-362 млн. лет), сопровождающихся прожилково-вкрапленной медносульфидной и медно-молибден-порфировой минерализацией, а также титаномагнетит-медносульфидным оруденением в габброидах, характерна повышенная хлороносность пород при низкой фтороносности. В апатитах содержание Cl составляет 0,3-1,4 %, при содержании F 1,4-3,0 %. Cl/F отношение в эволюционном ряду интрузий вначале возрастает от 0,4 до 0,9, вместе с ростом содержаний калия, а затем снижается до 0,5 в субщелочной интрузивной серии Верхнеуральского массива. Низкий спад хлора (0,25-0,50 %) в апатитах при кристаллизации пород другая важная

характеристика интрузивного островодужного магматизма. Она свидетельствует о сравнительно слабом выносе хлора флюидом из кристаллизующихся расплавов. Этот показатель может использоваться как петрологический параметр, характеризующий условия петрогенезиса этих серий, их фациальную принадлежность (мезоабиссальный тип) и флюидный режим (бедность водой), влияющий на рудоносность. Индикаторным для этого типа магматизма является величина коэффициентов распределения хлора: апатит/амфибол 3-7, апатит/биотит 2-4, что является следствием повышенных содержаний хлора (0,1-0,3 %) в породообразующих галогенсодержащих силикатах (амфиболе и биотите).

На рубеже 360 млн. лет в эволюции надсубдукционного интрузивного магматизма ММС произошла резкая смена флюидного режима: Умеренно хлороносный и маловодный островодужный мантийный магматизм был сменен слабохлороносным богатым водой мантийно-коровым, с формированием надсубдукционных анатектических серий тоналит-гранодиоритового состава. Содержание хлора в апатите и других галогенсодержащих минералах здесь не превышает 0,1-0,2 %. Содержание F в биотите не превышает 1 %. Коэффициент распределения Cl между апатитом и амфиболом (и биотитом) равен 1,0, что является типичным для надсубдукционных анатектитов тоналит-гранодиоритового состава. С интрузивами такого состава связаны крупные месторождения Au кварц-жильной формации (Кочкарское, Березовское и др.)

В раннем карбоне в ММС, на вновь сформированной зрелой коре активной континентальной окраины, формируется надсубдукционный рифт (350-330 млн. лет), с которым связан интенсивный контрастный вулcano-плутонический магматизм. Интрузивные члены рифтогенной вулcano-плутонической ассоциации – это Куйбасовский габбровый массив с высокотитанистым титаномагнетитовым оруденением (мест. Малый Куйбас) и гипабиссальная магнитогорская габбро-гранитная серия, с которой связаны промышленные скарново-магнетитовые месторождения. Рифтогенные серии раннего карбона вновь характеризуются высокой хлороносностью. Содержание Cl в апатите достигает 2,5 %. По соотношению хлора и фтора в апатитах и амфиболе здесь реставрирована общая последовательность интрузивного габбро-гранитного магматизма рифтовой стадии. Выделен следующий эволюционный ряд массивов магнитогорской габбро-гранитной серии: Карабулакский – Кассельский – Богдановский – Куйбасовский – Магнитогорский. Этот ряд характеризуется последовательным нарастанием в апатитах доли галогенов (Cl и F) относительно гидроксилapatитового компонента. Он отражает прогрессивный этап в развитии надсубдукционного рифтогенеза, с формированием в условиях максимального раскрытия рифта крупного Магнитогорского рудно-магматического центра. К другим важным петрологическим характеристикам рифтогенного мантийного магматизма этого типа, наряду с высокой его хлороносностью, относятся – резкая

контрастность в распределении хлора между апатитом и силикатами (гипабиссальный тип фаций), с ростом коэффициента распределения Cl между ними до 10-20, резкий сброс Cl в постмагматический флюид в процессе дифференциации расплавов.

Онтогенический подход к изучению эволюции состава апатита, образующего сквозной ряд своих многочисленных генераций в процессе формирования наиболее рудоносной Магнитогорской габбро-гранитной серии, показал, что максимум хлора (до 3 %) характерен здесь для наиболее ранней генерации апатита в составе габбро-диоритов. При дальнейшей кристаллизации этих пород в поздних генерациях апатита происходит резкое снижение концентраций Cl: от его наиболее ранних включений в плагиоклазе (2-3 % Cl) - к апатиту, образующему включения в поздних амфиболе, магнетите и биотите (1,5-2 %) и далее – к межзерновому апатиту (1-1,5 %). Спад хлора при кристаллизации этих пород достигает 2 %, а Cl/F отношение снижается от 4 до 0,9. Продолжение этой тенденции наблюдается далее при кристаллизации гранодиоритов и граносиенитов, в гранитах спад Cl завершается, здесь резко накапливается F. Резкий спад содержаний Cl в апатитах свидетельствует, что формирование Магнитогорской рудоносной серии происходило в условиях интенсивного выноса хлора из расплавов. Именно этот магматогенный хлор и формировал рудообразующий флюид, так как составы апатита в скарнах и магнетитовых рудах повторяют тренд эволюции магматогенных апатитов. Вынос магматогенного хлора флюидом определял и интенсивность выноса рудного железа из интрузивов. Эта корреляция является важным критерием связи оруденения с интрузивным магматизмом, доказательством накопления и переноса железа флюидом, обогащенным хлором. Из наличия такой закономерности вытекает и возможность количественного прогнозирования магнетитового оруденения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант 07-05-96006-р-Урал-а.