

Е.В.Пушкарев, В.В.Холоднов, В.А.Чашухина, Ю.П.Краева

ГАЛОГЕНЫ В ГИПЕРБАЗИТ-ГАББРОВЫХ АССОЦИАЦИЯХ УРАЛА

В последние годы накоплен и обобщен обширный материал по геохимии галогенов в гранитоидах различных формационных типов, на основе которого была показана индикаторная роль этих элементов при решении вопросов петрогенезиса и рудообразования [1,10]. Данные о содержаниях галогенов в габбро-гипербазитовых ассоциациях (вследствие объективных причин) до сих пор не являются столь массовыми, и выяснение геохимических закономерностей поведения галогенов в процессах мантийного петрогенезиса еще далеко от завершения, хотя важную роль водно-хлоридных флюидов в образовании титаномагнетитовых и платиноидных рудных концентраций отмечают многие исследователи [1,2,9-11].

Методика исследований. Изучение галогенов (F и Cl) производилось в апатитах методом рентгеновского микроанализа на приборе JXA-5 по методике, разработанной В.А.Вилисовым в Институте геологии и геохимии УрО РАН. В качестве объектов исследований были выбраны габброиды и реже ультрабазиты, входящие в состав офиолитовых (Хабарнинский, Крака, Нурали и др.) и платиноносных (Нижне - Тагильский, Качканарский, Уктусский, Восточнохабарнинский и др.) массивов.

Результаты исследования. Главный результат проведенной работы - выявление двух принципиально различных трендов распределения галогенов в апатитах из габброидов и гипербазитов разных комплексов, которые с некоторой долей условности можно назвать "хлорофильным" и фторофильным.

"Хлорофильный" тренд, наиболее сложный, характеризуется широкими вариациями Cl/F отношения (см. рисунок). В полном виде (Качканарский и Уктусский массивы) этот тренд имеет две эволюционные ветви, первая из которых, как правило относящаяся к ранним стадиям формирования, определяется резким снижением содержаний хлора (от 2-3 до 0.2-0.4%) и незначительным увеличени-

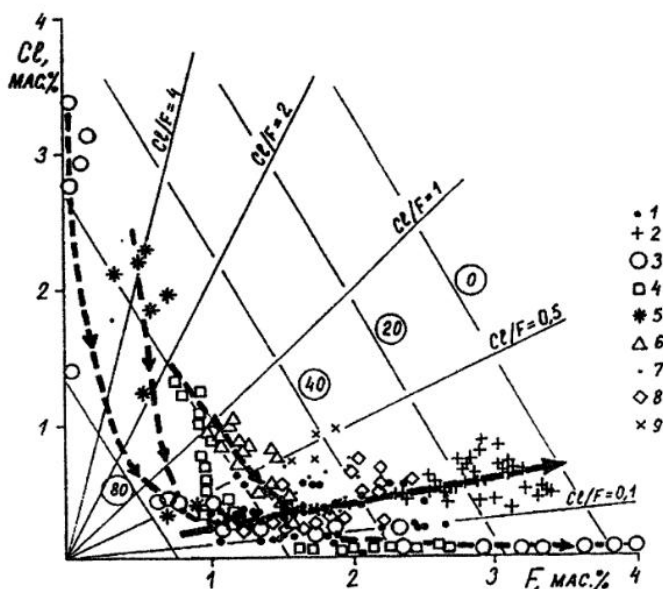
ем фтора (до 1-1.5%). Содержание гидроксильного компонента в апатитах на этой стадии изменяется слабо, что может свидетельствовать о стабильном режиме водного давления в кристаллизующихся расплавах. Вторая ветвь (поздняя) фиксирует перегиб тренда и связана с увеличением концентраций фтора (до 3-4%) при низком и почти постоянном содержании хлора (около 0.1-0.2%). Доля гидроксильного компонента в апатитах при этом уменьшается. Некоторые габбро-гипербазитовые комплексы характеризуются наличием только одной из ветвей хлорофильного тренда. Примером могут служить габброиды расслоенной интрузии горы Кирпичной в Хабаровинском массиве, где проявляется только первая эволюционная ветвь данного тренда, сформировавшаяся в обстановке вторичного интрадугового или задугового спрединга, о чем свидетельствует наличие комагматического габброидов комплекса параллельных диабазовых даек [5]. Сходным типом распределения галогенов обладают амфиболовые габброиды Нуралинского офиолитового массива на Южном Урале, с которыми ассоциирован полосчатый дунит-вебстерит-пироксенитовый комплекс с Pt-Pd и Ir-Os-Ru минерализацией в хромититах и родингитах [6,7]. "Хлорофильному" тренду соответствует эволюция перидотит-троктолит-габбровой серии Йоко-Довыренского расслоенного массива в Забайкалье и комплекса Стиллуотер в Монтане (США), с породами которых также связана платиноидная минерализация [2,11]. В целом "хлорофильный" тренд эволюции галогенов наиболее характерен для кумулятивных габбро-гипербазитовых серий, производных базальтовых магм, обладающих халькофильной или сидерофильной металлогенической специализацией.

Фторофильный тренд характеризуется постоянством Cl/F отношения в апатитах и возрастанием доли галогенов по отношению к гидроксильному компоненту в процессе кристаллизации пород (см. рисунок), что может свидетельствовать о "высыхании" эволюционирующих расплавов. Типичным представителем этого тренда является восточнохаваринский комплекс, представленный расслоенной дунит-клинопироксенит-вебстерит-габбро-норитовой серией, которая по главным петрогеохимическим параметрам приближается к платиноносным массивам Урала [3]. Содержания фтора в апатитах резко нарастает от 1-1.2% в клинопироксенитах до 3.5% в габбро-норитах, при увеличении хлора от 0.3 до 0.7% и сохранении Cl/F отношения для всей серии пород в пределах 0.2-0.3. Доля гидроксильного компонента в апатитах резко снижается от клинопироксенитов (0.7-0.5) до габбро-норитов (0.1). Максимальное обогащение водой и, как следствие, ранняя (до плаггиоклазовой) кристаллизация амфибола характерны только для вебстеритов, с которыми связано низкотитанистое титаномagnetитовое орудование. Удаление воды из системы в результате связывания ее с ранним амфиболом в вебстеритах приводит к "осушению" расплавов и образованию практически безводного минерального парагенезиса $Op+Kp+Pl+Or+(Bi)$ габбро-норитов. Формирование восточнохаваринского комплекса завершается образованием карбонатитоподобных жильных серий [8]. Аналогичный по направлению, но менее хлористый тренд образуют апатиты из габброидов молотовского комплекса малых интрузий, комагматических восточнохаваринскому. Фторофильному тренду соответствует и эволюция концентрически-зонального Большаковского габбрового массива на Южном Урале, формационная принадлежность которого до сих пор остается не выясненной. Подобная закономерность намечается и в тылаитах Нижнетагильского массива на Среднем Урале, биотиты которых выделяются максимально высокими концентрациями фтора до 1.5%.

Обсуждение результатов. Полученные результаты показывают, что по распределению галогенов в апатитах выявлено два различных типа флюидно-магматических систем, эволюционирующих согласно описанным выше хлорофильному и фторофильному трендам. "Хлорофильный" тип развивается на фоне снятия давления на ранних стадиях, что обеспечивает открытость флюидно-магматических систем, вероятную подпитку их водой. Это приводит, с одной стороны, к постоянной дегазации хлора из расплавов, коэффициент распределения которого

Рис 1. Диаграмма зависимости содержаний хлора и фтора в апатитах из различных габбро-гипербазитовых комплексов.

1, 2-породы восточнохабарнинского комплекса (1-клинопироксениты и вебстериты, 2-габбро-нориты), 3-пироксениты и габброиды Качканарского массива, 4-габброиды Уктусского массива, 5-габброиды расслоенной серии горы Кирпичной, аккермановский комплекс Хабарнинского массива, 6-габброиды Нуралинского массива, 7-габброиды массива Средний Крак, 8-габброиды и сиенодиориты Большаковского массива, 9-тылланты Нижнетагильского массива. Тонкими линиями и цифрами в кружках показана доля гидроксильного компонента в апатитах



между расплавом и водным флюидом сдвинут в пользу последнего, а с другой, - к стабилизации режима водного давления, сквозной кристаллизации гидроксилсодержащих минералов и магнетита. Отделение обогащенного хлором флюида может обеспечивать эффективную экстракцию и переотложение многих рудных компонентов, включая платиноиды (Нуралинский, Йоко-Довыренский массивы и др.), формирование наиболее бедного титаном титаномagnetитового оруденения в амфиболизированных пироксенитах (Гусевгорский тип) и комплексного пневматолито-гидротермального апатит-пирротин-пирит-халькопиритового оруденения в интенсивно амфиболизированных и хлоритизированных пироксенитах (Кучумский тип) [9,10]. Для этого типа ассоциаций характерно присутствие существенно водных биотитов и амфиболов с низкими концентрациями фтора и хлора. Важнейшим вопросом, требующим дальнейшего изучения, является вопрос о первичном источнике воды и хлора. В некоторых случаях можно предположить, что таким источником могла быть гидратированная океаническая кора, погруженная в зоны субдукции и испытавшая дегидратацию и плавление (островодужная габбро-плагиогранитная серия аккермановского комплекса Хабарнинского массива). В других случаях этот вопрос остается открытым.

Фторофильные флюидно-магматические системы характеризуются закрытым типом дифференциации с удалением воды на ранних стадиях эволюции в результате кристаллизации слюды, амфибола и магнетита. Как следствие, происходит трансформация флюида с более водного на более "сухой", обогащенный галогенами (и, возможно, углекислотой) при постоянном хлор-фторном отношении. Темноцветные гидроксилсодержащие минералы также характеризуются накоплением галогенов, содержание которых здесь существенно выше, чем в "хлорофильном" типе. Источником воды и галогенов для фторофильных габбро-гипербазитовых ассоциаций, скорее всего, является мантийное вещество, вероятно, вторичное - метасоматизированное. Металлогеническая специализация (титаномagnetиты, медно-никелевое оруденение, платиноиды и др.) обогащенных фтором ультраосновных и основных пород должна существенно отличаться от "хлорофильных" серий, что может являться предметом дальнейших исследований.

Следует отметить, что габбро-гипербазитовые ассоциации одного и того же формационного типа (Восточнохабарнинский, Качканарский и Уктусский массивы и др.) могут принадлежать разным флюидно-магматическим системам. Это свидетельствует о том, что геохимия галогенов определяется не только фор-

мационной принадлежностью комплексов, а подчиняется другим закономерностям, вероятнее всего, типам субстратов и характером (открытость или закрытость и др.) эволюционирующих систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 95-05-14280 и 95-05-14281), а отдельных разделов - при содействии фонда INTAS (проект INTAS-94-1857).

Список литературы

1. Бушляков И.Н., Холоднов В.В. Галогены в петрогенезисе и рудоносности гранитоидов. М.: Наука, 1986. 192 с.
2. Кислов Е.В., Конников Э.Г., Орсов Д.А. и др. Роль хлора в формировании платиноносных горизонтов Йоко-Довыренского расслоенного массива по результатам изучения флюидосодержащих минералов (Северное Прибайкалье) // Докл. РАН. 1995. Т 340, N 6. С. 805-808.
3. Петрология постгартсбургитовых интрузивов Кемпирсайско-хабарнинской офиолитовой ассоциации (Южный Урал) / П.А. Балыкин, Э.Г. Конников, А.П. Кривенко, Ф.П. Леснов и др. Свердловск: УрО РАН, 1991. 160 с.
4. Пушкарев Е.В., Гуляева Т.Я. Поведение галогенов в дифференцированном разрезе восточно-хабарнинского комплекса // Ежегодник-1991 / Ин-т геологии и геохимии. Свердловск: УрО РАН, 1992. С. 67-69.
5. Пушкарев Е.В., Хазова Н.А. Комплекс параллельных даек Хабарнинского массива: спрединг в условиях океанического хребта или островной дуги? // Ежегодник-1990 / Ин-т геологии и геохимии. Свердловск: УрО РАН, 1991. С. 40-43.
6. Смирнов С.В., Волченко Ю.А. Первая находка платиноидной минерализации в хромитовых рудах Нуралинского массива на Южном Урале // Ежегодник-1991 / Ин-т геологии и геохимии. Свердловск: УрО РАН, 1992. С. 115.
7. Смирнов С.В., Малошаг В.П. Первое платино-палладиевое рудопроявление Нуралинского массива // Ежегодник-1992 / Ин-т геологии и геохимии. Екатеринбург, Наука, 1993. С. 92-94.
8. Ферштатер Г.Б., Пушкарев Е.В. Карбонатные породы в офиолитовом кемпирсайско-хабарнинском комплексе (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. N 12. С. 27-37.
9. Фоминых В.Г., Холоднов В.В., Артеменко Н.А. Апатиты Кучумского месторождения титаномагнетитовых руд на Среднем Урале // Ежегодник-1990 / Ин-т геологии и геохимии. Свердловск: УрО РАН, 1991. С. 106-107.
10. Холоднов В.В. Хлор и фтор как петро- и рудогенетические индикаторы (на примере Урала) // Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 1993. 52 с.
11. Boudreau A.E., McCallum I.S. Investigations of the Stillwater complex: Part V. Apatites as indicators of evolving fluid composition // Contrib. Mineral. Petrol. 1989. V 102, N 2. P. 138-153.