

ГАЛОГЕНЫ В ПРОЦЕССАХ УЛЬТРАМЕТАМОРФИЗМА И ПЛАГИОГРАНИТИЗАЦИИ МЕЛАНОКРАТОВОГО ФУНДАМЕНТА ПАЛЕОДУГ

Одним из малоисследованных аспектов геохимии галогенов в процессах магмо- и рудогенеза является роль геодинамического фактора, хотя очевидно, что состав и динамика развития подвижных флюидных фаз в значительной мере определяются открытым или закрытым характером флюидно-магматических систем и должны быть прямо связаны с геодинамическим режимом их генерации и становления. На дивергентных границах плит, где преобладают обстановки растяжения, преимущественно должны формироваться открытые, относительно "сухие" системы, на границах сходящихся плит в конвергентном режиме - закрытые, флюидонасыщенные (водные). Реальные условия становления магм сложнее, и в наши задачи входит "исторический" анализ природных объектов с этих позиций.

На примере габбро, гипербазитов и продуктов раннего анатексиса (плагиомигматит-анортозитовых серий) ниже рассмотрен флюидный режим глубинных уровней юных уральских палеодуг, т.е. самые ранние этапы конвергентного режима. Согласно геодинамическим реконструкциям и датировкам индикаторных раннеостроводужных комплексов установлено, что в Уральском палеоокеане заложение зон субдукции на океанической коре происходило дважды: в позднем ордовике-ллановери и в раннем девоне [2, 7, 10].

Геохимические данные по галогенам в минералах альпинотипных и платиноносных габбро-гипербазитовых комплексов, образующих меланократовый фундамент палеодуг [3], свидетельствуют о двух типах флюидно-магматических систем: "хлорофильном" и "фторофильном", иногда пространственно совмещенных в пределах единых массивов (Хабарнинский, Нижнетагильский и др.). "Хлорофильный" тип преимущественно развивается в зонах снятия давления, что обеспечивает подпитку таких систем водой и хлором (рудные пироксениты и горнблендиты Качканарского, Первоуральского, Уктусского и других массивов). "Фторофильные" системы характеризуются закрытым типом эволюции, удалением воды на ранних стадиях дифференциации, трансформацией флюида с более водного на "сухой", обогащенный галогенами, при постоянном хлор-фторном отношении (восточно-хабарнинский дифференцированный клинопироксенит-габбро-норитовый комплекс, тылаиты Нижнетагильского массива и др.). Появление богатых хлором и водой парагенезисов как в офиолитовых, так и в "платиноносных" массивах, на фоне "сухих" фторофильных мантийных продуктов доказывает наличие специфического источника воды и хлора в хлорофильном типе. Поток хлороводных флюидов через "сухое" мантийное вещество трудно объяснить иначе, чем начавшимся обезвоживанием погружающейся океанической коры.

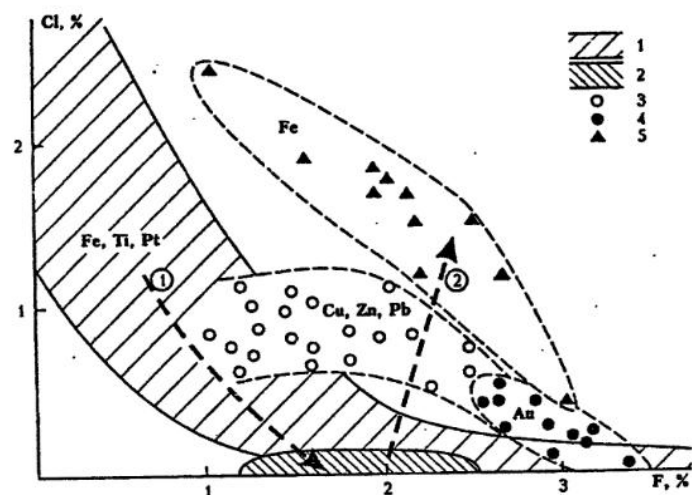
Практически на всем протяжении Уральского складчатого пояса в меланократовых комплексах фундамента палеодуг и в верхнем структурном этаже микроконтинентов фиксируется этап интенсивного сжатия, близко отвечающий времени возникновения конвергентного геодинамического режима, т.е. активной окраины палеоокеана. На рубеже ордовика и силура (430-450 млн лет) формировались плагиомигматитовые и Анортозит-гранитные серии, представляющие новообразования "гранитного" слоя в базитовом цоколе палеодуг. Элементы прототектоники в анатектитах свидетельствуют о напряженной тектонической обстановке горизонтального сжатия [4]. Постофиолитовый водный метаморфизм амфиболитовой фации, плагиогранитизация и натриевые анатектиты особенно широко проявлены в основании силурийской островодужной системы Урала (Тагильская, Войкарская, Щучинская зоны). На примере гипербазит-габбровых массивов платиноносного комплекса, благодаря неравномерному эрозионному срезу, можно проследить особенности данных процессов на разных уровнях зоны ультраметаморфизма и плагиогранитизации. Предполагается, что наименее глубинную ее часть представляют плагиогранитоиды (плагиоклазиты, плагиоаплиты, плагиопегматиты) Качканарского массива, среднюю - Кытлымского, а наиболее глубинную - проявления водного метаморфизма и плагиогранитизации в Тагило-Баранчинском массиве (черноисточинский комплекс). В этом направлении в жильных и диффузных плагиогранитоидах убывают содержания Na_2O (от 10 до 5%), SiO_2 и Al_2O_3 , возрастает известковость. Высокая активность воды проявляется здесь в формировании реакционных каем амфибо-

Суб-страт	Массив (комплекс)	Порода (генерация апатита)	Cl	F
Меланократовый фундамент силурийской островной дуги	Качканарский	Андезит	0,06 -0,09	1,3-1,44
		Диоритовый цемент брекчия: (I генерация)	0,01	1,25
		То же (II генерация)	0,02-0,03	1,3-1,6
	Кытлымский	Плагиотоналит (брекчия)	Не обн.	1,4-2,08
		Плагиогранит (брекчия)	Не обн.	1,84
		Плагиогранит (дайка)	0,07	2,44
	Черноисточинский	Анортозит (брекчия)	0,01	0,9-1,84
	Собский	Плагиогранит	0,10	3,15
		Плагиогранодиорит	0,07- 0,15	2,5-2,75
		Плагиотоналит	0,03-0,15	2,2-2,80
		Лейкодиорит	0,03	2,5-2,66
Микроконтиненты	Харампейско-Масловский	Плагиогранит	0,07	2,30
		Тоналит-гнейс	0,15	2,48
	Тагило-Баранчин-ский(гора Белая)	Габбро-норит	0,45-1,0	0,37-0,81
		Габбро-амфиболит	0,19-0,26	1,20-1,57
		Габбро-мигматит	0,10-0,13	1,93-2,32
	Уфалейский	Плагиогранито-гнейс	0,04	2,4-3,36
		Гнейс биотитовый	Не обн.	2,7-3,20
		Амфиболит	0,05-0,10	2,34-3,10
		Эклогит	0,10	0,72-1,62
	Ильменогорский	Плагиогранито-гнейс	0,01-0,15	2,3-3,15
		Плагиогнейс	0,06-0,09	2,2-2,8
		Гнейс гранатовый	0,03-0,11	2,8-3,50
	Урузбаевский	Плагиогранит	0,07	2,9-3,26
	Сысертский	Плагиогранито-гнейс	0,07	2,9
		Амфиболит	0-0,08	1,13-2,85

лов в пироксенитах, верлитах и серпентинитах на контактах с плагиогранитоидными инъекциями. Rn_2O , по петрологическим данным, достигает 3-5 кбар [5].

Анализ соотношения концентраций F и Cl в апатитах, амфиболах и биотитах псто-офиолитовых абиссальных анатектитов показал следующее. Все гидроксилсодержащие минералы имеют содержание хлора, не превышающее 0,15%, т.е. более низкие, чем во вмещающих меланократовых комплексах (см. таблицу). В амфиболах и биотитах отмечены высокие концентрации воды, достигающие 3,2 и 5% соответственно. В процессе водного метаморфизма и плагиогранитизации пород наиболее глубинного Тагило-Баранчинского гипербазит-габбрового массива содержание Cl резко снижается от 1% в апатитах неметаморфизованных габброидов до 0,1% в габбро-мигматитах (гора Белая) и 0,01% - в анортозитах черноисточинского комплекса. Содержание F при этом возрастает от 0,4 до 2%. В самых "малоглубинных" плагиоклазитах Качканарского массива апатиты характеризуются более низкими содержаниями F, которые, как и Cl, слабо нарастают от раннемагматической тонкоигольчатой генерации апатита (F 1,25%, Cl 0,01%) к поздне- и постмагматическому крупнокристаллическому апатиту (F 1,6%, Cl 0,03%). В сериях плагиоанатектитов Полярного Урала наблюдается рост содержаний галогенов в апатитах от ранних пород (лейкодиоритов и тоналитов) к поздним (плагиогранитам). Например, в собском комплексе Войкарской зоны апоофиолитовые тоналиты содержат апатит с 2,1 F и 0,03% Cl, а плагиограниты - с 3,15 F и 0,15% Cl. Отмечено, что повышенная фтороносность отличает анатектиты по офиолитовому субстрату от аналогичных образований по породам платиноносной ассоциации.

Амфиболы имеют более выдержанный в отношении галогенов состав, чем апатиты. В ряду от лейкодиоритов к плагиогранитам в них наблюдается заметный рост содержания H_2O (от 2 до 3,2%), а содержания F и Cl уменьшаются. Наличие обратной тенденции в апатитах указывает на перераспределение галогенов между этими сосуществующими минералами, происходящее на фоне снижения температуры и роста водного дав



Содержание Cl и F в апатитах последовательно формирующихся флюидно-магматических систем Тагильского "террейна" силурийской палеодуги.

Магматические комплексы: 1 - пироксениты, горнблендиты и габбро Платиноносной ассоциации (Качканарский и Нижнетагильский массивы); 2 - плагиомигматит-анортитовые ультраметаморфические серии; 3 - андезиты, дациты верхнешумского колчеданосного комплекса; 4 - гранитоиды диорит-трондьемит-гранитной формации (Верхнетагильский массив); 5 - габбро-диорит-сиенитовая формация (Тагило-Кушвинский массив). Стрелками показаны направления эволюции составов при ультраметаморфизме пород меланократового фундамента (1) и в вулканогенных сериях палеодуги (2)

ления [1]. По соотношению F и Cl амфиболы из анатектитов фундамента палеостроводужных систем Урала попадают в поле состава амфиболов не столько амфиболитовой фации регионального метаморфизма, сколько эпидот-амфиболитовой и даже зеленосланцевой, что может быть обусловлено их кристаллизацией из расплавов, насыщенных водой. В целом, состав гидроксилсодержащих минералов из позднеордовикских плагиоанатектитов указывает на существенно водный характер гранитизирующих флюидов, низкие содержания F и Cl в которых позволяют говорить о местном, метаморфогенном их источнике. Отмеченная дифференциация флюидной фазы по вертикали проявилась в накоплении воды и снижении доли галогенов в верхних частях колонны анатектитов.

Апатиты, биотиты и амфиболы близких по возрасту и формационной принадлежности плагиоанатектитов мигматитовых комплексов в составе сиалических блоков (микроконтинентов) восточной активной палеоокраины Урала (ильменогорского, сысертского и уфалейского) сходны с вышеописанными по концентрации Cl (<0,10-0,15%), но отличаются более высокими содержаниями F: в апатитах 2,10-3,35%, в биотитах и амфиболах 0,2-0,7%. Аналогичный уровень концентраций галогенов наблюдается и в минералах из вмещающих эти плагиоанатектиты метаморфических пород амфиболитовой фации, что коррелируется с повышенной калиевоностью субстрата сиалических блоков [8].

Таким образом, минералого-геохимические данные показали ведущую роль воды во флюидной фазе плагиогранитоидных анатектитов и относительную инертность галогенов: содержание Cl и F в минералах лейкосомы ниже, чем в породах базитового субстрата (см. таблицу). Высокое содержание воды во флюидах трудно объяснить простым селективным плавлением амфиболитов, так как содержание воды в амфиболах этих серий значительно выше, чем свойственно метаморфитам амфиболитовой фации. Допустимо поэтому предполагать дополнительный подток водных флюидов за счет дегидратации более глубоких зон габбро-гипербазитовых комплексов при их преобразовании в РТ-условиях, близких к гранулитовой (или эклогитовой) фации.

Для последующих интрузивно-вулканических и рудных формаций юной, развитой и зрелой стадий палеодуг Урала установлено прогрессирующее нарастание концентраций Cl в минералах (см. рисунок). Натриевая специализация островодужных магматитов и водно-хлоридный окисленный состав эманаций обусловили преобладание хлорофильных типов минерализации (Fe, Cu, Zn, Pb, Au) и низкую титанистость связанных с этими магматами (габброидами и пироксенитами), вкрапленных титаномагнетитовых руд [6,8,9]. Это отличает образования островодужных обстановок от последующих окраинно- и внутриконтинентальных [8] с более калиевыми и фтороносными сериями (латиты, лейкограниты, пегматиты и др.), специализированными на редкометальное оруденение (Be, W, Mo, Ta, Nb, Li и др.).

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (грант 95-05-14281).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушляков И.Н., Холоднов В.В. Галогены в петрогенезисе и рудоносности гранитоидов. М.: Наука, 1986. 192с.
2. Пучков В.Н. Палеоокеанические структуры Урала // Геотектоника. 1993. №3. С. 18-33.
3. Пушкарёв Е.В., Холоднов В.В., Чашукина В.А., Краева Ю.П. Галогены в гипербазит-габбровых ассоциациях Урала // Ежегодник -1995/ Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1996. С.93-96.
4. Старков В.Д., Холоднов В.В. Особенности эвгеосинклинального гранитоидного магматизма Полярного Урала // Петрология и рудообразование. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С.37-42.
5. Ферштатер Г.Б., Малахова Л.В., Бородин Н.С. и др. Эвгеосинклинальные габбро-гранитные серии Урала. М.: Наука, 1984. 264с.
6. Фоминых В.Г., Холоднов В.В. Роль галогенов в титаномagnetитовом оруденении Урала // Геология рудных месторождений. 1988. №4. С.89-95.
7. Формирование земной коры Урала / С.Н.Иванов, В.Н.Пучков, К.С. Иванов и др. М.: Наука, 1986. 248с.
8. Холоднов В.В. Хлор и фтор как петро- и рудогенетические индикаторы (на примере Урала) // Автореф. дис... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург : УрО РАН. 1993. 52с.
9. Холоднов В.В., Чашукина В.А., Краева Ю.П. Об особенностях режима хлора и фтора в различных типах титаномagnetитового оруденения, связанного с габброидами // Ежегодник-1994/ Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1995. С. 152-157.
10. Язева Р.Г., Пучков В.Н., Бочкарев В.В. Реликты активной континентальной окраины в структурах Урала // Геотектоника. 1989. №3. С. 76-85.