

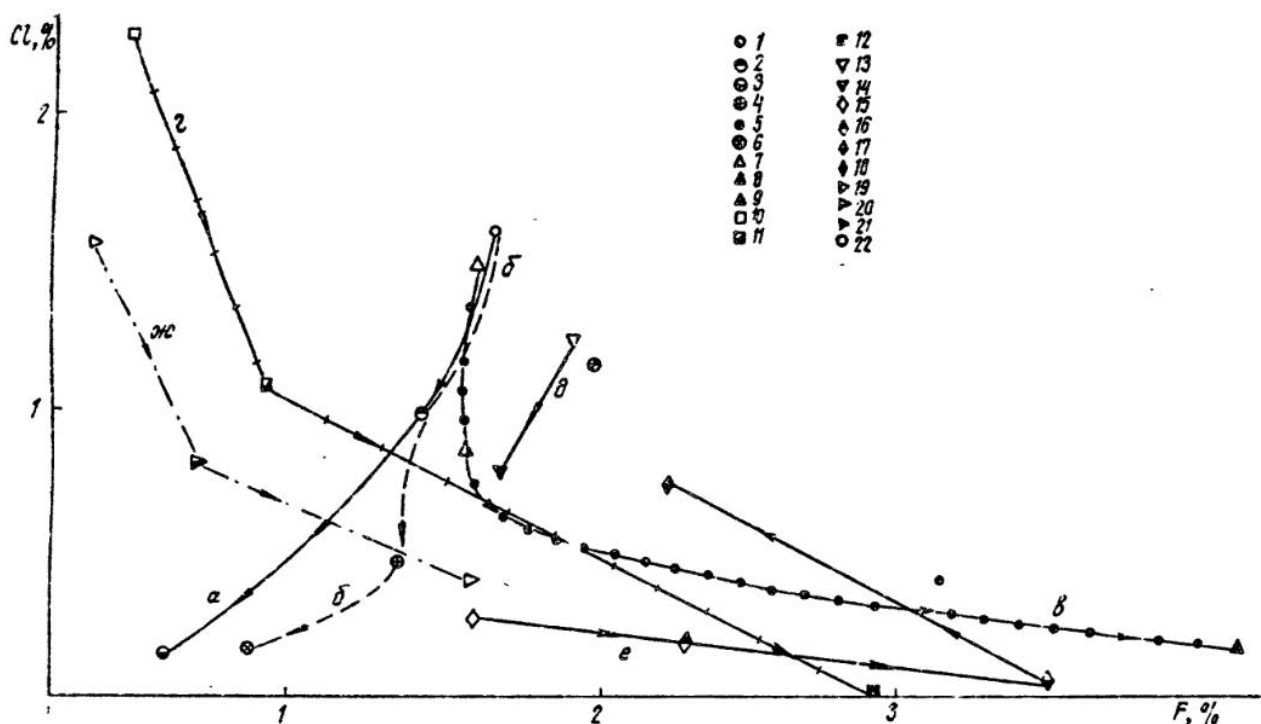
В.Н.САЗОНОВ, Н.А.АРТЕМЕНКО, В.А.ВИДИСОВ

ФТОР И ХЛОР В ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ (НА БАЗЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ
СКАРНИРОВАНИЯ И БЕРЕЗИТИЗАЦИИ-ЛИСТВЕНИТИЗАЦИИ)

Повышенная золотоносность некоторых магнетит-скарновых месторождений, сопряженных с базальтоидными наложенными вулкано-плутоническими комплексами, высокая золотоносность (вплоть до промышленных концентраций) медно-магнетит-скарновых объектов, связанных с наложенными вулкано-плутоническими андезитовидными комплексами, известная пространственная сопряженность с гранитоидами тоналит-гранодиоритовой формации скарнов, минерализованных сульфидами, и золотоносной кварц-жильной минерализации, возможность транспорта железа и золота в гидротермальных условиях в виде хлоридных комплексов, наконец, довольно значительное различие скарнов и кварцевых жил (а также более низкотемпературных золотоносных зон, представляющих собой минерализованные кварц-серпичитовые метасоматиты и аргиллизиты) предопределили нашу попытку выяснить значимость эволюции F/Cl-отношения во флюиде по мере снижения в нем температуры и, по возможности, давления. Основой для работы послужили результаты количественного определения содержаний F и Cl в апатитах из пород от основного до кислого состава, а также из продуктов их гидротермально-метасоматического преобразования (амфиболизация, эпидотизация, пропилитизация, березитизация-лиственитизация, аргиллизация, образование магнетитовых руд). Для сравнения и сопоставления использованы материалы других авторов [1-4, 6, 7].

Амфиболизация и эпидотизация габбро (см. рисунок, а). В апатите из габбро содержание Cl колеблется от 1,2 до 1,94%, F - от 1,3 до 2,3%. При амфиболизации габбро из апатита экстрагируется F и Cl (содержание этих элементов в апатите из амфиболизированных габбро колеблется соответственно от 0,4 до 1,55 и от 0,96 до 2,05%. Более интенсивно это происходит при эпидотизации и (см. рисунок, знак 3). Схожая картина наблюдается в процессе пропилитизации и пород базальтового и андезит-базальтового состава (см. рисунок, знаки 8, II, 20), а также скарнирования (график б, знак 4).

Руды магнетит-скарновых месторождений (см. рисунок, знаки 5, 6, 22). По величине F/Cl-отношения в апатите они подразделяются на три группы: 1) с высоким содержанием F и Cl (обычны для крупных объектов, сопряженных с мощными рудно-магматическими системами; знак 22); 2) с низким содержанием F и Cl (характерны, видимо, только для месторождений, сопряженных с глубинными разломами - способствуют дегазации флюида, оттоку галсенов /6/); 3) с высоким содержанием F и низким Cl (отличает среднемасштабные объекты, видимо, с гранитоидным источником флюидов /2/). Заметим, что руды третьего типа могут представлять собой руды первого типа, "испорченные" под воздействием флюида, отделившегося от гранитоидов. Сказанное подтверждается сопоставимостью состава апатита из этих руд и из березитов-лиственитов, связь которых с гранитоидами несомненна, а также тем, что в них в парагенезисе с магнетитом иногда отмечается флюорит. Вывод В.В.Холоднова /6/ о том, что руды второго типа



Фтор и хлор в апатитах из разных геологических образований Урала. Составлен с использованием данных /1-3, 6, 7/.

а-ж-графики соотношения F и Cl в апатитах из руд, метасоматитов и их эдуктов магнетит-скарновых, медно-магнетит-скарновых и золоторудных (кварц-жильного и прожилково-вкрапленного типов) месторождений: а-амфиболизация и эпидотизация габбро ("безрудный" тип метасоматической колонки); б-амфиболизация габбро, их скарнирование и развитие магнетитовых руд в скарнах (объекты контролируются глубинными зонами разломов /7/); в-пропилитизация и лиственитизация габбро-диорита; г-пропилитизация и лиственитизация диабазов; д-лиственитизация пропилитизированных андезит-базальтовых порфиров; е-березитизация гранит-порфиров; ж-пропилитизация и аргиллизация диорит-порфиров. Линией соединены продукты единой метасоматической колонки; стрелка направлена в сторону понижения температуры.

1-габбро из магнетит-скарновых месторождений Северного и Южного Урала; 2-то же, амфиболизированное; 3-эпидозит по габбро, реже по габбро-диориту; 4-скарны Магнитогорского магнетит-скарнового месторождения; 5-магнетитовые руды того же месторождения (залежь в зоне глубинного разлома /7/); 6-магнетитовые руды Главной рудной залежи того же месторождения; 7-габбро-диорит Ауэрбаховского рудного поля; 8-то же, пропилитизированный (актинолит-эпидотовая фация); 9-лиственит по габбро-диориту; 10-диабаз Березовского золоторудного месторождения; 11-то же, пропилитизированный; 12-лиственит по диабазу; 13-андезит-базальтовый порфирит Магнитогорского месторождения, пропилитизированный (актинолит-эпидотовая фация); 14-то же, дополнительно березитизированный-лиственитизированный (хлоритовая фация); 15-гранит-порфир Березовского месторождения; 16-то же, березитизированный (альбиточая фация); 17-березит по гранит-порфиру; 18-то же, рекристаллизованный; 19-диоритовый порфи-

бит Воронцовского золоторудного месторождения; 20-то же, пропилитизированный; 21-то же, дополнительно аргиллизированный; 22-средний состав апатита из среднеуральских скарных месторождений

малоглубинные (меньше 1 км), не соответствует действительности. Он не подтверждается в эксперименте /4/ и не согласуется с нашими материалами (см. рисунок, знаки IO, I7, 2I - по F и Cl апатиты из березитов и лиственитов, глубина образования не меньше 3,5 км, и из аргиллизитов, глубина формирования не превышает 0,5-0,6 км, сопоставимы). К тому же нами на Магнитогорском месторождении (в Главном карьере) найдены листвениты, которые на глубине менее 1,8 км не образуются, как правило (Сазонов, 1992 г.).

Березитизация-лиственитизация различных по основности пород (график и в-е). Процесс протекает при температуре 400-250°C и давления 1,8-0,6 кбар. По мере падения температуры формирования (синхронно растет pH среды минералообразования) апатит обедняется хлором и обогащается фтором (это хорошо согласуется с данными экспериментов /4/). В стройную эту картину не укладывается состав апатитов из рекристаллизованных березитов, возникающих около продуктивных кварцевых жил в период, непосредственно предшествующий рудообразованию /5/. В них по сравнению с "обычными" березитами заметно больше хлора и меньше фтора (см. рисунок, знак I8). Естественен вопрос: чем это можно объяснить? Согласно /5/, давление и температура при перекристаллизации березитов сопоставимы с таковыми их образования. Щелочность среды минералообразования несколько повысилась. В такой ситуации причиной рассматриваемого явления мы можем считать только довольно значительное повышение активности и HCl в растворе. Для этого у нас есть все основания: во-первых, хлор привносится гидротермами, отделившимися при кристаллизации гранитоидов тонкогранодиоритовой формации; во-вторых, этот элемент, высвобождаясь при березитизации-лиственитизации пород, поступает в гидротермальный раствор.

Изложенное - основа для следующих выводов.

1. Наши и других авторов /3/ данные свидетельствуют о том, что Cl и в природных и в экспериментальных гидротермальных системах с понижением температуры (от 750 до 250°C, возможно, ниже) уступает при кристаллизации апатита свое место F, имеющему значительно меньший ионный радиус.

2. В незамкнутых гидротермальных системах F и Cl удаляются из флюида, в связи с чем в них образуются апатиты с низким содержанием этих элементов. В замкнутых системах с понижением температуры подвижность Cl по сравнению с F выше, он более энергично удаляется в раствор. Это обуславливает кристаллизацию при относительно низких температурах (400-250°C) апатита с повышенным содержанием F и пониженным Cl.

3. На золоторудных месторождениях кварц-жильного типа к началу рудоотложения активность Cl в растворе сильно возрастает (за счет привноса растворами и выноса из березитизирующихся-лиственитизирующихся пород), становится возможной кристаллизация апатита с повышенным по сравнению с апатитом березитов-лиственитов содержанием этого элемента. Последнее, очевидно, можно использовать при делении кварцевых жил на продуктивные (проявлена рудная стадия) и непродуктивные.

4. Для хлора в большей мере проявлена тенденция к сродству с щелочными и гидротермальными средами, а для фтора - с кислотными.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Артеменко Н.А., Вилхисов В.А. Фтор и хлор в апатитах некоторых скарновых месторождений Урала // Ежегодник-1991 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург. 1992. С.56-57.

2. Бушляков И.Н., Нечкин Г.С., Гараева А.А. Галогены в рудах и породах Магнитогорского рудного поля // Ежегодник-1988 / Ин-т геологии и геохимии УрО АН СССР. Свердловск, 1989. С.99-101.

3. Бушляков И.Н., Холоднов В.В. Галогены в петрогенезисе и рудоносности гранитоидов. М.: Наука, 1986.

4. Коржинский М.А. Апатитовый твердый раствор как индикатор летучести HCl^0 и HF^0 в гидротермальном флюиде // Геохимия. 1981. № 5. С.689-706.

5. Сазонов В.Н. Березит-лиственитовая формация и сопутствующее ей оруденение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984.

6. Холоднов В.В. Галогены в титаномagnetитовом, скарново-magnetитовом и меднослучеданном типах рудообразующих процессов // Ежегодник-1991 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Свердловск, 1992. С.120-123.

7. Чашухина В.А., Грабежев А.И., Холоднов В.В. О составе летучих в апатитах из гранитоидов, сопровождаемых медно-порфировой минерализацией // Ежегодник-1988 / Ин-т геологии и геохимии УрО АН СССР, Свердловск, 1989. С.101-103.