

УДК 55.4:(546.16:546.13):549

ПЕТРОГРАФИЯ

Д. С. ШТЕЙНБЕРГ, И. Н. БУШЛЯКОВ, В. А. ВИЛИСОВ

О ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ ФТОР-ХЛОР-ВОДНОГО ОТНОШЕНИЯ В ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛАХ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 3 XII 1973)

В статье излагаются результаты исследований, продолжающих начатое нами ранее изучение галогенов в породообразующих минералах различных типов гранитоидов и метаморфитов (^{1, 2}). В основном исследования выполнены на уральском материале, дополненном собранными нами коллекциями по другим регионам, а также литературными данными (⁴⁻²²).

Определения F и Cl сделаны на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-5 с учетом поправок (³).

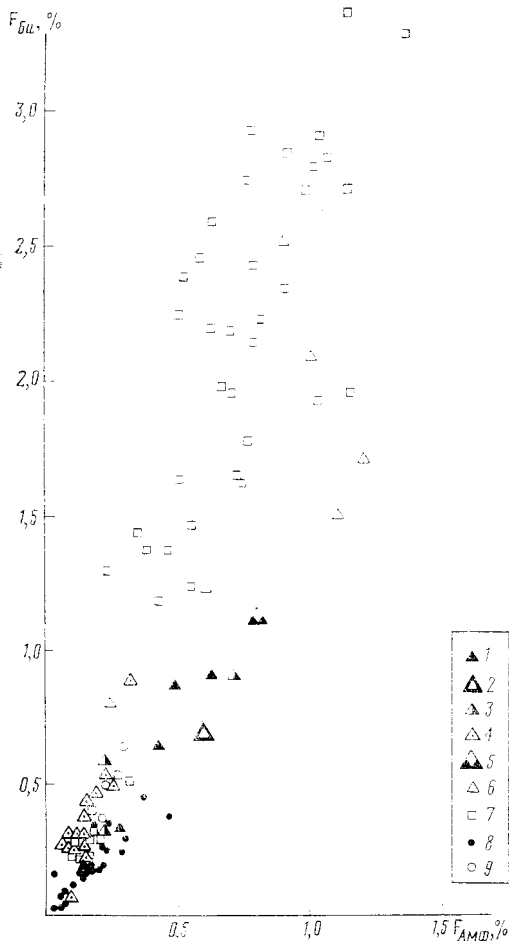


Рис. 1

Рис. 1. Распределение фтора между сосуществующими амфиболами и биотитами. 1-7 — магматиты и метаморфиты, образовавшиеся при низких давлениях и высоких температурах: 1 — гранодиориты и граниты (Магнитогорский прогиб, Урал; Кураминский хребет, Средний Тянь-Шань), сопровождающиеся железометаллическим оруденением; 2 — раллаки (Бердиуш, Урал); 3 — гранодиориты и граниты Калифорнии (США) (¹⁴); 4 — гранитоиды Сьерра-Невада (США) (¹²); 5 — вулканиты (Колорадо, США) (⁹); 6 — метаморфиты гранулитовой фации (Алдан, Чарская глыба; Адирондак, США; Индия) (^{4-6, 10, 13, 14, 18, 19}); 7 — контактово-метасоматические железорудные месторождения Швеции (¹⁶); 8, 9 — магматиты и метаморфиты, образовавшиеся при высоких давлениях и средних температурах: 8 — глубинные водные гранитоиды (продукт водного анагексиса вещества коры) (Верхисетский, Адуйский массивы, Урал); 9 — метаморфиты амфиболитовой фации (¹⁻³) (Урал, Алдан, Чарская глыба; Адирондак, США).

Рис. 2. Распределение хлора между сосуществующими амфиболами и биотитами. Обозначения те же, что на рис. 1. 1, 2, 5 и частично 6 — по нашим, остальные — по литературным данным (^{4-6, 10-18}).

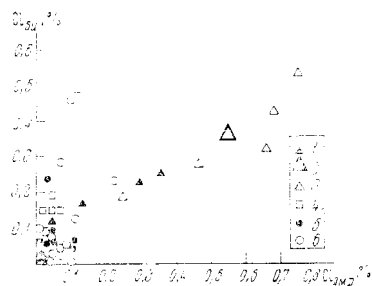


Рис. 2

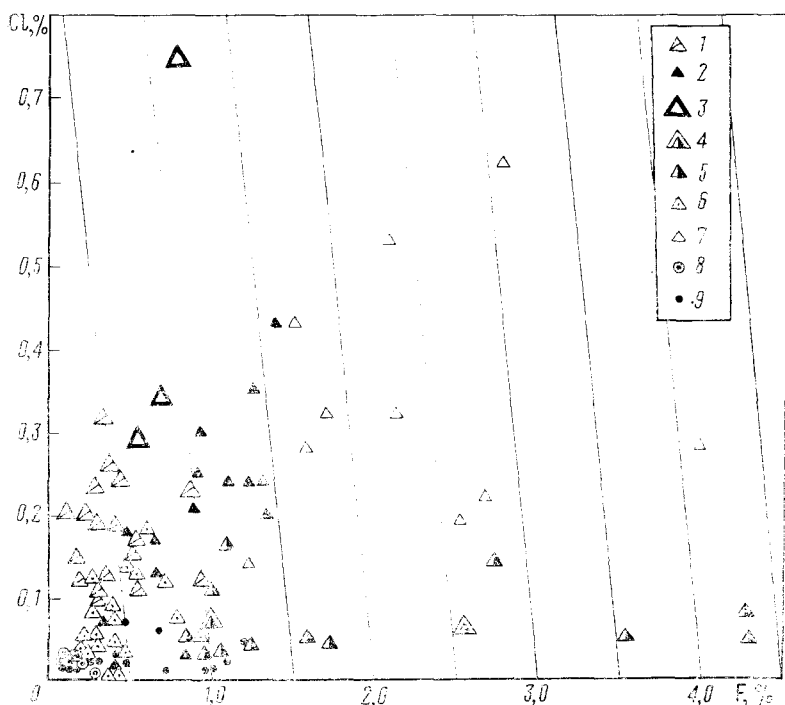


Рис. 3. Корреляция содержания фтора и хлора в биотитах. 1-7 — магматиты и метаморфиты, образовавшиеся при низких давлениях воды и высоких температурах: 1 — гранодиориты (Урал; Курамынский хребет, Средний Тянь-Шань), 2 — граниты, сопровождающиеся железо-медным и полиметаллическим оруденением (Урал, Курамынский хребет, Средний Тянь-Шань), 3 — рапакиви (Бердяуш, Урал), 4 — гранодиориты (Центральный Казахстан, Приморье), 5 — граниты, сопровождающиеся редкометалльным оруденением (Урал, Центральный Казахстан, Приморье), 6 — гранитоиды Сьерра Невада⁽¹²⁾, 7 — метаморфиты гранулитовой фации (Алдан, Чарская глыба; Индия)^(1, 9, 10, 17); 8, 9 — магматиты, образовавшиеся при высоких давлениях воды и средних температурах: 8 — глубинные гранодиориты (Урал), 9 — глубинные граниты (Урал). Наклонные линии означают равное содержание гидроксильного компонента, или, что то же, постоянную сумму мольных долей фтора и хлора

Рис. 1 и 2 свидетельствуют о равновесном распределении F и Cl между амфиболами и биотитами. Выделяются: генеральная серия достаточно высокотемпературных образований, включающих гранитоиды, а также метаморфиты амфиболитовой и гранулитовой фаций и метасоматиты железорудных месторождений Швеции. Повышенное содержание в последних фтора в биотите объясняется, вероятно, более низкой температурой их образования⁽¹⁹⁾.

Для хлора характерна та же генеральная серия. Суммарная мольная доля галогенов четко увеличивается от глубинных водных магматитов и метаморфитов к маловодным или сухим различных фаций глубинности.

На рис. 3 выступает главная вариационная линия, охватывающая глубинные водные граниты, «сухие» граниты, породы амфиболитовой и гранулитовой фаций, для которой отношение содержаний F и Cl остается примерно постоянным и близко к 9:1 в мольном выражении. Наряду с этим выделяются сухие гранитоиды — гранодиориты и рапакиви с повышенным мольным отношением Cl/F — до 1:2. Обогащение Cl в данном случае явно связано с составом пород. Обособляются также граниты, производные маловодных магм, сопровождающиеся редкометалльным оруденением (Центральный Казахстан), обогащенные F, возможно, в постмагматическую стадию.

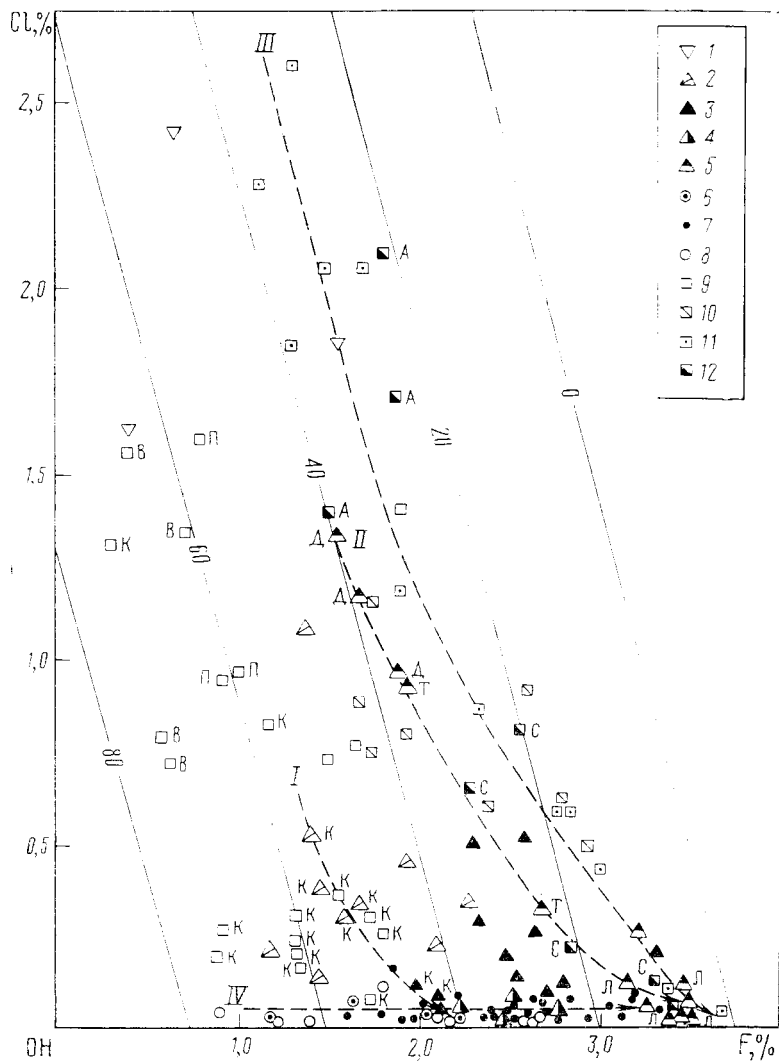


Рис. 4. Соотношение содержаний фтора и хлора в породообразующих апатитах. 1–5 – магматиты, образовавшиеся при низких давлениях воды и высоких температурах: 1 – кварцевые диориты (Татильский, Князьпинский, Павдинский массивы, Урал) ⁽⁹⁾, 2 – гранодиориты (Урал; Кураминский хребет, Средний Тянь-Шань), 3 – граниты, сопровождающиеся железо-медным и полиметаллическим оруденением (Урал, Кураминский хребет, Забайкалье), 4 – граниты, сопровождающиеся редкоземельным оруденением (Центральный Казахстан), 5 – вулканыты ⁽¹⁸⁾ – дациты, трахиты, лейцитовые трахиты (Италия, США); 6–8 – магматиты и метаморфиты, образовавшиеся при высоких давлениях воды и средних температурах: 6 – глубинные водные гранодиориты (Урал), 7 – глубинные водные граниты (Урал), 8 – метаморфиты амфиболитовой фации (гнейсы, амфиболиты, Урал, Алдан) ^(8, 9); 9–12 – метасоматиты: 9 – титаномагнетитовые месторождения (Цервоуральское II, Волковское – В, Кусинско-Конанская группа – К, ⁽²²⁾), 10 – контактово-магнетитовые месторождения Швеции ⁽²⁰⁾, 11 – железорудные месторождения (Алдан – А и Слюдянка – С) ⁽⁸⁾, 12 – диопсид-флогопитовые породы (Алдан – А и Слюдянка – С) ⁽⁸⁾. Серии: I – средне-верхнекарбоновая гранодиорит-гранитная Кураминского хребта – К (Средний Тянь-Шань); II – вулканическая серия – дациты (Д) – трахиты (Т) – лейцитовые трахиты (Л) (Италия, США); III – железорудных месторождений Швеции ⁽²⁰⁾; IV – глубинных водных гранитоидов и метаморфитов амфиболитовой фации. Стрелки – направление эволюции составов пород в сторону повышения щелочности и понижения температуры. Наклонные линии соответствуют равному теоретическому содержанию гидроксила (числа на них – молярные доли ОН в группе $ОН + F + Cl$, %)

Составы акцессорных апатитов (рис. 4) из магматических пород, принадлежащих к производным маловодных магм, обнаруживают моновариантную зависимость в рамках отдельных серий: отношение F/Cl увеличивается по мере уменьшения основности пород, а при низком содержании хлора увеличивается отношение F/ОН. Такова же зависимость отношения F/Cl от состава пород в биотитах из магматитов (см. рис. 3).

Апатиты из метасоматитов различных типов (рис. 4) образуют две группы. К одной относятся метасоматиты магнетитовых месторождений Швеции (Кирунаваара и др.) и контактово-метасоматических Армении (Дашкесан) и Урала (Лебяжинское), а также диопсид-флогопитовые метасоматиты Алдана и Слюдянки. Составы апатитов этой группы образуют моновариантную линию (III). Вариации внутри группы магнетитовых месторождений Швеции объясняются последовавшими их авторами обогащением фтором в связи с понижением температуры формирования пород⁽²⁰⁾. В диопсид-флогопитовых метасоматитах обогащение апатита фтором связано с переходом от диопсидовых (Алдан) к существенно флогопитовым породам (Слюдянка). Апатиты контактово-метасоматических месторождений занимают промежуточное положение. Ко второй группе относятся апатиты титаномагнетитовых месторождений Урала, в которых титаномагнетит с содержанием двуокиси титана 2–6% развешивается метасоматически в ультрабазитах или габброидах, и Кусинско-Копанских, в которых первичный титаномагнетит, богатый двуокисью титана (около 15%), образуется в условиях, близких к магматическим.

Резко выделяются глубинные водные образования, представленные амфиболитами, гранодиоритами и гранитами (IV). Вариации состава здесь выражаются в увеличении отношения F/ОН по мере уменьшения основности пород. На резко пониженное содержание Cl в апатитах батолитовых гранитов Горного Алтая обратили внимание В. И. Сотников и др.⁽²¹⁾.

Институт геологии и геохимии

им. А. Н. Заварицкого

Уральского научного центра Академии наук СССР
Свердловск

Поступило

28 XI 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Штейнберг, Г. Б. Ферштатер и др., В кн.: Проблемы петрологии и геохимии гранитоидов, Свердловск, 1971.
- ² И. П. Бушляков, В. А. Валисов, В кн.: Ежегодник Инст. геол. и геохимии УНЦ АН СССР, 1972 г., Свердловск, 1973.
- ³ G. Springer, *Forsch. Mineral.*, В. 45, Н. 1, 103 (1967).
- ⁴ Е. А. Костюк, Тр. Инст. геол. и геофиз. СО АН СССР, в. 90 (1970).
- ⁵ Е. И. Ушакова, Тр. Инст. геол. и геофиз. СО АН СССР, в. 87 (1971).
- ⁶ Л. Л. Черчук, Сосуществующие минералы, Л., 1971.
- ⁷ Р. Н. Сироткин, В. И. Орса, Е. П. Щербак, Геол. журн. АН УССР, т. 25, в. 3 (1965).
- ⁸ Апатиты, «Наука», 1968.
- ⁹ А. А. Краснобаев, В. В. Холоднов и др., В кн.: Ежегодник Инст. геологии и геохимии УНЦ АН СССР, 1971, Свердловск, 1972.
- ¹⁰ A. F. Buddington, *Am. Mineral.*, v. 38, № 11–12 (1963).
- ¹¹ F. C. Dodge, I. I. Papike, R. E. Mays, *J. Petrol.*, v. 10, № 2 (1969).
- ¹² F. C. Dodge, V. C. Smith, R. E. Mays, *J. Petrol.*, v. 10, № 2 (1969).
- ¹³ C. G. Engel, *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 70, № 8 (1959).
- ¹⁴ A. F. Engel, C. G. Engel, *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 73, № 12 (1962).
- ¹⁵ F. S. Larsen, W. M. Drais, *Geol. Congr.* (18 Session, Gr. Britain, 1948), Part 2, № 66, 1950.
- ¹⁶ C. S. Leelandam, *Mineral. Mag.*, v. 37, № 287 (1969).
- ¹⁷ C. Leelandam, *Neues Jahrb. Mineral. Monatsh.*, № 8, 379 (1969).
- ¹⁸ I. C. Störmer, I. S. Carmichael, *Contr. Mineral. and Petrol.*, v. 31, № 2 (1971).
- ¹⁹ T. K. Ekström, *Contr. Mineral. and Petrol.*, v. 34, № 3 (1972).
- ²⁰ T. K. Ekström, *Lithos*, v. 5, № 2 (1972).
- ²¹ В. И. Сотников и др., ДАН, т. 171, № 1 (1971).
- ²² В. Г. Фоминых, Геохимия, № 12 (1973).