

**МОРФОЛОГИЯ КРИСТАЛЛОВ АКЦЕССОРНОГО МАГНЕТИТА  
И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ  
В НЕМ ИЗ ГРАНИТОВ ТУРОЧАКСКОГО И ДИОРИТОВ  
УЛЬМЕНСКОГО МАССИВОВ (Горный Алтай)**

А. И. БАЖЕНОВ, Т. И. ПОЛУЭКТОВА

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

Магнетит, являясь наиболее распространенным акцессорным минералом изверженных пород, в настоящее время привлекает внимание все большего числа исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Особенности морфологии кристаллов, а также поведение элементов-примесей в магнетите могут служить одним из дополнительных признаков для генетического расчленения интрузивных образований, например, гранитоидов [3], а также решения ряда задач петрологии и геохимии.

Авторами статьи было поставлено целью, изучив особенности морфологии кристаллов магнетита и характер поведения элементов-примесей в нем из диоритов Ульменского массива, выяснить влияние на последние более молодой Турочакской гранитоидной интрузии. Описываемые породы расположены в среднем течении р. Ульменя правого притока р. Бии.

Для изучения акцессорных минералов, в частности магнетита, отбирались пробы из гранитов эндоконтактной части массива в направлении удаления от контакта к центру тела и из диоритов Ульменского массива в направлении удаления от контакта с гранитным плутоном. Расстояние между точками отбора проб в среднем не превышало 1 км.

Вес проб 2,5 кг. Обработка материала осуществлялась по обычной методике.

Турочакский гранитный массив имеет форму крупного батолита. Северо-восточный контакт его полого падает на северо-восток, о чем свидетельствует сравнительно большая ширина контактового ореола. Возраст гранитов додевонский. Ульменский диоритовый массив — относительно крупный шток, вытянутый в субширотном направлении. На западе он срезается Турочакским гранитным интрузивом, к востоку перекрывается эффузивно-осадочными образованиями нижнего и среднего кембрия. Возраст диоритов Ульменского массива датируется как салаирский.

Граниты представляют собой крупнозернистую породу, состоящую из плагиоклаза, микроклина, кварца, биотита. Из акцессорных минералов присутствуют апатит, сфен, циркон, магнетит и др. Средний количественно-минералогический состав породы приведен в табл. 1.

Количество плагиоклаза в гранитах эндоконтактной части массива непостоянно. Предел колебания этого минерала в породе увеличивается с приближением к контакту с диоритами и составляет 19,5—40,8%. Состав плагиоклаза изменяется от олигоклаза до андезина. Присутст-

вует, как правило, в ксеноморфных зернах прямоугольного сечения; двойникование полисинтетическое, характерно выклинивание двойников. Андезин имеет обычное зонарное строение кристаллов. Зональность нормальная, непрерывная; границы отдельных зон резкие, состав меняется при переходе от одной зоны к другой от № 40 до № 32. Вторичные изменения выражены очень слабо. С приближением к контакту гранитов с диоритами плагиоклазы отличаются исключительной свежестью зерен с ясно различимой спайностью, направленной перпендикулярно двойникованию.

Таблица 1

Породы	Содержание минералов в объемах, %							Колич. подсчетов
	плагиоклаз	К—Na пол.шп.	биотит	кварц	роговая обманка	диопсид	акцессорные	
Граниты	31,7 <sup>x</sup> №20—40	33,1	2,9	31,2	—	—	1,1	10
Диориты	59,5 <sup>x</sup> №27—80	3,2	—	—	23,1	11	3,2	7

Содержание микроклина в гранитах варьирует в пределах от 28,4 до 37,7%. В контакте с диоритами количество его увеличивается до 50%. Присутствует минерал в ксеноморфных, реже идиоморфных зернах. Микроклиновая решетка в большинстве случаев хорошо выражена, иногда встречаются индивиды, лишенные решетки. Вторичные изменения минерала выражены в сильной пилитизации; в контакте с диоритами микроклин выступает в свежих неизмененных зернах.

Количество биотита в краевой зоне интрузива изменяется от 0,5 до 3,9%. Общая железистость этого темноцветного минерала возрастает с приближением к контакту с диоритами, где она составляет 63%. Наблюдается в виде кайм вокруг магнетита, жилков в микроклине.

Содержание кварца колеблется от 21 до 31%. Минерал обладает характерным для него облачным погасанием.

Диориты Ульменского массива представляют собой среднеравнозернистую породу, состоящую из роговой обманки, плагиоклаза, ортоклаза, диопсида, акцессорных (табл. 1). Из акцессорных присутствуют магнетит, апатит, сфен, циркон.

Количество плагиоклаза в диоритах колеблется в широких пределах от 30 до 85%. Состав его изменяется от № 27 в контакте с гранитами до № 80—85 с удалением от него. Представлен минерал гипидиоморфными зернами, почти нацело замещенными цоизитом.

Содержание роговой обманки в диоритах уменьшается с 49% в контакте с гранитами Турочакского массива до 13% в самой удаленной от контакта точке. Показатель преломления минерала изменяется в пределах от 1,65 до 1,70 по Ng. Присутствует роговая обманка в двух генерациях, которые особенно четко проявляются в контакте с гранитами: более поздняя зеленая роговая обманка по трещинам спайности замещает бурый амфибол и диопсид.

Количество диопсида в диоритах увеличивается с приближением к контакту с гранитами, где он почти нацело замещается хлоритом.

Микроклин появляется, как правило, близ контакта с гранитами Турочакского массива.

Содержание акцессорного магнетита в гранитах Турочакского массива, в центральной части его, варьирует в пределах от 228 г/т до 1172 г/т. Среднее арифметическое составляет 739 г/т. Коэффициент вариации 73%. Граниты краевой зоны содержат магнетит в значительно

меньшем количестве; предел колебания его составляет 28—480 г/т, среднее арифметическое равно 177,5 г/т. Коэффициент вариации 115%.

Магнетит в гранитах Турочакского массива присутствует в октаэдрических кристаллах, а также в неправильных выделениях и мельчайших вкрапленниках в кварце, полевом шпате, биотите. Наряду с хорошо ограниченными октаэдрическими кристаллами, обладающими блестящими гранями, нередко, главным образом в пробах из контакта с диоритами, встречаются кристаллы магнетита искаженного облика. Поверхность несовершенных кристаллов покрывается пластинчатыми наслоениями, которые придают своеобразную ребристость кристаллам. Подобную скульптуру граней В. В. Ляхович [5] объясняет процессом растворения кристаллов.

Размер кристаллов магнетита в гранитах примерно выдержан и изменяется от 0,14 до 0,27 мм.

Количество описываемого минерала в диоритах Ульменского массива колеблется в широких пределах, достигая максимального значения (3792 г/т) в контакте с Турочакскими гранитами, минимального (20 г/т) — на значительном удалении от него. Среднее арифметическое содержание его в интрузиве составляет 1720 г/т. Коэффициент вариации 102%.

Магнетит в диоритах присутствует в неправильных, округленных, округлооктаэдрических, реже октаэдрических зернах.

Сферические образования преимущественным распространением пользуются в диоритах из контакта с гранитом. Размер их 0,1—0,2 мм. Поверхность зерен ровная, блестящая. С удалением от контакта с гранитами округлые индивиды магнитного железняка играют подчиненную роль; хорошо ограненные октаэдрические кристаллы становятся преобладающими. В самых удаленных точках преобладают октаэдры магнетита размером 0,10—0,15 мм.

Спектральный полуколичественный анализ магнетитов был выполнен в проблемной лаборатории ТПИ аналитиком Л. В. Симахиной. Установлены следующие элементы-примеси: кобальт, никель, хром, ванадий, олово, медь, цинк, серебро, бериллий. В пробах содержится много марганца и титана, на характеристике которых не останавливаемся.

Кобальт в магнетите из гранитов установлен только в краевой зоне интрузива, где количество его изменяется от 0,001 до 0,006%. Характерно, что в пробе из контакта с диоритом описываемый элемент не улавливается. Содержание кобальта в магнетите из диоритов варьирует в пределах 0,001% в магнитном железняке из контакта с гранитами до 0,01% — в удаленных от контакта точках.

Близость ионных радиусов двухвалентных кобальта и железа ( $R_{Co^{2+}} = 0,82$ ;  $R_{Fe^{2+}} = 0,83$ ), а также тенденция кобальта концентрироваться в остаточном магматическом расплаве и, наконец, сходство их атомных структур обусловили замещение в кристаллической решетке магнетита двухвалентного железа кобальтом.

Никель, хром спорадически встречаются в магнетитах изучаемых интрузивов. С увеличением содержания никеля повышается и количество хрома; уменьшается роль никеля, соответственно уменьшается концентрация хрома. В гранитах количество этих двух элементов-примесей в магнетите закономерно увеличивается с удалением от контакта с диоритами. В магнетите из диоритов количество никеля и хрома уменьшается с приближением к контакту с гранитами (рис. 1).

Ионные радиусы никеля и хрома ( $R_{Ni^{2+}} = 0,78$ ,  $R_{Cr^{3+}} = 0,65$ ) близки к ионному радиусу двухвалентного железа, поэтому они изоморфно входят в решетку магнетита.

Ванадий в магнетите из гранитов в повышенном количестве (0,03%) отмечен в пробах из центральной зоны массива. По периферии

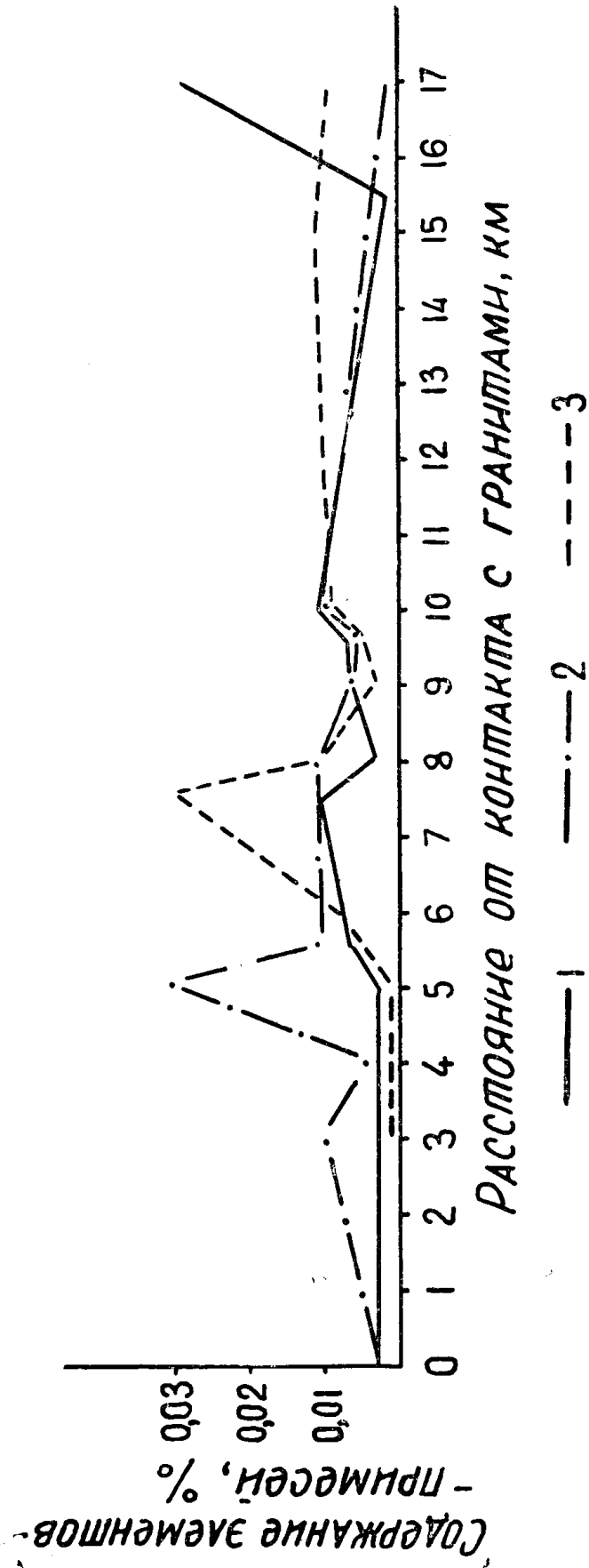


Рис. 1. Вариационная диаграмма содержания элементов-примесей в диоритах Ульменского массива: 1 — никель, 2 — ванадий, 3 — медь

интрузива ванадий зафиксирован в пробах в незначительных количествах (0,003%). В диоритах концентрация этого элемента в магнетите увеличивается с удалением от контакта с гранитами (рис. 1). Ванадий, как известно, накапливается в более поздних образованиях, входит в кристаллическую решетку магнетита благодаря возможному замещению  $Fe^{3+}$  ( $R_i = 0,67$ ) на  $V^{3+}$  ( $R_i = 0,65$ ).

Олово установлено только в одной пробе магнетита из гранитов эндоконтакта, в одной — из диоритов на значительном удалении от контакта. Появление его в минерале связано, видимо, с наложенными гидротермальными процессами и присутствует в виде молекулярного рассеяния.

Медь в магнитном железняке из гранитов в повышенной концентрации отмечена в пробах из краевой зоны интрузива, пространственно тяготеющих к контакту тела с диоритами. Содержание этого элемента в магнетите из диоритов варьирует в пределах от десятитысячных до сотых долей процента, уменьшаясь к контакту с гранитами (рис. 1). Медь охотно входит в кристаллическую решетку магнетита, замещая двухвалентное железо, вследствие близости ионных радиусов ( $R_i Cu^{2+} = 0,71$ ,  $R_i Fe^{2+} = 0,83$ ).

Цинк содержится в описываемом минерале из гранитов всех проб в постоянном количестве и составляет 0,001%. Какой-либо определенной тенденции в поведении цинка в магнетите диоритов не устанавливается. Можно лишь заметить, что наибольшая концентрация его (0,01%) зафиксирована в пробе из контакта с гранитами. Цинк, как правило, накапливается в остаточном расплаве, легко замещает двухвалентное железо в кристаллической постройке магнетита.

Бериллий установлен в магнетите из гранитов центральной зоны интрузива. В магнитном железняке из диоритов он обнаружен в пробах из контакта с гранитом. Входит этот элемент в кристаллическую решетку магнетита, вероятно, в виде молекулярного рассеяния.

Серебро зафиксировано в одной пробе магнетита из гранитов эндоконтакта и в одной — из диоритов, находящихся на значительном удалении от контакта с гранитным плутоном. Присутствует в кристаллической постройке магнетита также в форме молекулярного рассеяния.

## Выводы

Изложенный материал позволяет сделать следующие заключения о влиянии гранитов Турочакской интрузии на диориты Ульменского массива.

1. Вещественный состав диоритов закономерно изменяется с приближением к контакту с гранитами: породообразующие минералы и аксессуарный магнетит характеризуются крайне неравномерным распределением; по мере приближения к контакту с гранитами появляются две генерации роговой обманки.

2. Кристаллы магнетита в контакте с гранитами несут следы растворения.

3. Содержание элементов-примесей в магнетите из диоритов закономерно изменяется с приближением к контакту с гранитами: количество никеля, меди, ванадия и кобальта в магнитном железняке уменьшается, приближаясь к контакту с гранитами; в контакте с гранитами появляется в магнетите бериллий, свидетельствующий о наложенных процессах.

4. Вещественный состав гранитов закономерно изменяется по мере приближения к периферии интрузива: породообразующие минералы распределены в гранитах эндоконтакта неравномерно.

5. Содержание магнетита в гранитах с приближением к контакту с диоритом уменьшается.

6. Кристаллы магнетита в гранитах, тяготеющих к контакту с диоритом, несут слабо выраженные следы растворения.

7. Распределение элементов-примесей в магнетите из гранитов закономерно меняется с приближением к периферии интрузива: кобальт установлен только в гранитах эндоконтакта; концентрация ванадия в магнетите увеличивается в центральной части тела, содержание меди возрастает в минерале с приближением к контакту с диоритами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Беляшов. Основные закономерности распределения элементов-примесей в магнетитах из руд Качарского месторождения (Тургайский прогиб). Изв. АН Каз. ССР, сер. геол. наук, вып. 6(57), 1963.

2. Б. А. Вахрушев. Вопросы минералогии, геохимии и генезиса железных руд Кондомского района Горной Шории (Западная Сибирь). Изд. СО АН СССР, 1959.

3. В. А. Вахрушев. Элементы-примеси акцессорного магнетита как критерии для генетического расчленения гранитоидов Алтае-Саянской области. ДАН СССР, т. 147, № 3, 1962.

4. В. А. Вахрушев. Элементы-примеси в магнетите железорудных месторождений Алтае-Саянской области. Сб. матер. по генет. и экспер. мин. Изд. СО АН СССР, 1963.

5. В. В. Ляхович. Некоторые данные о составе акцессорного магнетита. Тр. института минер., геол. и кристаллохим. ред. эл-тов, вып. 3, 1959.

6. Д. С. Штейнберг, В. Г. Фоминых. О распределении элементов-примесей в титаномагнетитах Урала. ДАН СССР, 139, № 6, 1961.

---