

О ХАРАКТЕРЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИЛЬМЕНИТА В МАФИТАХ КОРОСТЕНСКОГО ПЛУТОНА (Украинский щит)

Ильменит — распространенный рудный минерал пород габбро-анортозитовой формации Коростенского плутона. Он встречается в виде изометричных и ксеноморфных зерен, зернистых агрегатов, сростков с титаномагнетитом, сульфидами, силикатами [1, 2]. Содержание ильменита в породе постепенно возрастает от анортозитов к перидотитам, в последних нередко образует вкрапленную руду. Химический состав колеблется незначительно; главным образом, происходит закономерное уменьшение Fe_2O_3 в ильменитах от габбро-анортозитов к габбро-перидотитам, наблюдаются некоторые изменения в содержании MgO , MnO , Al_2O_3 .

Ильменит относится к устойчивым минералам и в магматических породах обычно не замещен [3]. В разной степени измененный ильменит характерен для каолиновой коры выветривания и россыпей [4—7], встречается в метаморфических горных породах [8, 9].

При изучении ильменитов из пород габбро-анортозитовой формации Коростенского плутона нами обнаружены и впервые исследованы вторичные образования по этому минералу — лейкоксен, рутил, титанит, а также их морфология, состав, приуроченность к определенным породам.

Замещение ильменита наблюдается в породах, расположенных в тектонически ослабленных зонах. Для них характерно влияние позднемагматических и постмагматических растворов. В таких зонах развито частичное замещение главных породообразующих минералов: оливина — серпентином, тальком, пироксена — амфиболом, хлоритом, плагноклаза — соссюритом и др. При этом наблюдается зависимость формы изменения ильменита от характера исходной породы и ее замещения. Лейкоксенизация ильменита происходит в калишпатизированных мафитах (габбро-анортозиты, габбро, нориты), габбро-монцититах и породах, переходных к ним, рутил развивается по ильмениту в крупнозернистых габбро-пегматитах.

В калишпатизированных породах зерна ильменита имеют неправильные формы, часто изрезанные очертания, включения других минералов. Встречаются пластинчатые, вытянутые, скелетоподобные выделения ильменита, содержащего оторочки биотита. Зерна ильменита трещиноватые, трещины выполнены вторичными минералами. Иногда ильменит образует сростки с титаномагнетитом. В таких измененных породах происходит выщелачивание магнетита из титаномагнетита с сохранением каркаса из ильменитовых пластинок. В этих породах наблюдается частичная лейкоксенизация зерен ильменита.

Как известно [6, 10], лейкоксен не является самостоятельным минералом, а представляет собой смесь из реликтовых зерен ильменита, окислов железа и конечных продуктов изменения — безводных окислов железа и конечных продуктов изменения — безводных окислов титана, среди которых главную роль играет рутил, подчиненную — анатаз и брукит. В исследованных ильменитах лейкоксен развивается по краям зерен или вдоль трещин, пересекающих их (рис. 1). Иногда лейкоксен составляет значительную часть зерен ильменита, полностью замещает мелкие зерна. Поверхность лейкоксенизированных участков в них матовая, обычно неровная, пористая. Отражательная способность меняется в зависимости от степени изменения ильменита. В исследованных лейкоксенизированных зернах она везде была ниже, чем у ильменита. Химический состав переменный.

Для проведения измерений в ильмените, который подвергся замещению, нами

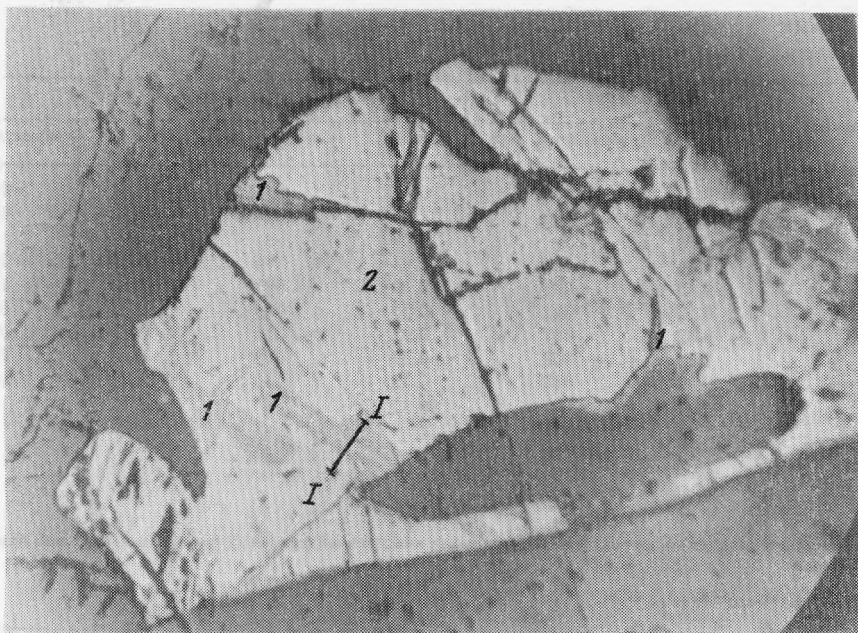


Рис. 1. Частично лейкоксенизированное зерно ильменита. Аншлиф, увел. 140
1 — лейкоксен, 2 — ильменит

использовалось зерно на начальной стадии лейкоксенизации, когда лейкоксен развивается тонкой полоской по краю зерна и проникает по трещине внутрь (рис. 1). При исследовании использовался рентгеновский микроанализатор Cameca = MS = 46. В отдельных точках матрицы измерялись концентрации железа, титана, магния, алюминия, кремния, серы, ванадия, марганца, кальция, фосфора. При количественном анализе вносились поправки на атомный номер, поглощение с использованием модифицированных коэффициентов Ленарда и вторичную флюоресценцию [11]. Было сделано несколько профилей, показывающих распределение железа, титана, ванадия, фосфора, кальция.

Измерялось содержание основных компонентов в неизменной и измененной части зерна ильменита (табл. 1). По данным анализа состав неизменного ильменита близок среднему составу этого минерала (в %): TiO_2 — 51, MnO — 0,45, MgO — 0,52, SiO_2 — 0,21. Несколько ниже содержание железа, которое при пересчете дается в закисной форме, более высокие содержания фосфора и ванадия. При пересчете ильменита на минералы без учета Fe_2O_3 — 82,5% составляет ильменит, 16,6% — рутил.

В лейкоксенизированных участках происходит существенное перераспределение элементов: увеличивается содержание титана и уменьшается — железа, марганца и магния. Значительно увеличивается количество ванадия и уменьшается — фосфора (табл. 1, рис. 2).

Рутил развивается по ильмениту в крупнозернистых габбро-пегматитах (рис. 3). Эти своеобразные породы состоят из крупных выделений (0,8—1,5 мм) оливина, пироксена и плагиоклаза. В плагиоклазе часто отмечаются закономерно ориентированные антипертитовые вроски калишпата. Характерной особенностью является присутствие в плагиоклазе по плоскостям спайности пластинчатых включений рудного минерала, а также мирмеkitовых сростаний плагиоклаза и пироксена с рудным минералом. Пироксен представлен диопсидом; почти все зерна по трещинам спайности также пронизаны многочисленными пластинками рудного минерала. Пироксен в некоторых участках породы претерпел перекристаллизацию с

Таблица 1
Химический состав* ильменита и лейкоксена

Компонент	Ильменит		Лейкоксенизированные участки			
	вес. %	молекуляр. к-ва	вес. %	молекулярн. к-ва	вес. %	молекулярн. к-ва
SiO ₂	0,21	003	0,64	011	0,64	011
TiO ₂	51,00	640	81,92	1024	76,33	954
Al ₂ O ₃	0,04	—	0,02	—	—	—
FeO	38,06	528	12,67	176	16,52	229
MnO	0,45	007	0,10	001	0,12	002
MgO	0,52	012	0,05	001	0,12	003
CaO	0,42	007	0,92	016	0,59	010
P ₂ O ₅	1,14	008	0,57	008	0,46	006
V ₂ O ₅	0,93	010	1,43	016	1,43	016
Сумма	92,77		98,32		96,21	
Минералы						
Ильменит		82,5				
Рутил		16,6				
Прочие		0,9				

* При пересчете данных микрорентгено-спектральных анализов минеральных фаз на окислы железа приводится в закисной форме



образованием мелкозернистого агрегата того же состава. Кроме того, темноцветные минералы частично серпентинизированы, амфиболизованы, хлоритизированы. В участках породы, где оливин или пироксен почти полностью замещены, среди вторичных минералов присутствует титанит в виде бесформенных зерен или конвертообразных кристаллов.

Зерна ильменита или их агрегаты размером от 2—5 мм до 2 см имеют неправильную форму, иногда заливообразные очертания. Кристаллы обычно характеризуются двойниковым строением. Двойниковые полоски наблюдаются в двух, редко в трех направлениях, которые идут через все зерно; некоторые двойники искривлены. Выделения ильменита трещиноваты, содержат включения других минералов. В этих зернах ильменита обнаружен рутил в виде мелких включений (рис. 3, а) призматической или изометричной формы, а также в виде неправильных обособлений с неровными извилистыми краями (рис. 3б). Вокруг зерен рутила развивается неширокая каемка титанита, которая разграничивает рутил и ильменит.

Рутил диагностируется в аншлифах по более высокой отражательной способности, чем ильменит. По данным рентгеновского микроанализа (табл. 2) содержание TiO₂ достигает 93—98%, что соответствует составу чистого рутила, FeO — 0,3—0,7%. Из элементов-примесей также обнаружены значительные количества ванадия (1,72% V₂O₅), магния (0,65% MgO), кремния (0,26% SiO₂) и очень малые алюминия (0,02% Al₂O₃). Данные рентгеновского анализа (условия съемки: УРС-55, Си-излучение, экспозиция 5 ч) подтверждают диагностику рутиловой фазы (табл. 3). На дебаеграмме проявляются также линии ильменита, от которого не удалось полностью освободиться при отборе рутила.

Вместе с рутилом в ильмените из габбро-пегматита обнаружена минеральная фаза, отнесенная нами к титаниту. Этот минерал образует каемки вокруг рутила (рис. 3) или отдельные зерна. Цвет его серый, отражательная способность значительно ниже ильменита.

Габбро-пегматиты, в которых обнаружены рутил и титанит, характеризуются значительным присутствием титанита, не связанного с ильменитом. Он наблюдается в измененных пироксенах и образует мелкие ксеноморфные зерна или кристаллы ромбической формы.

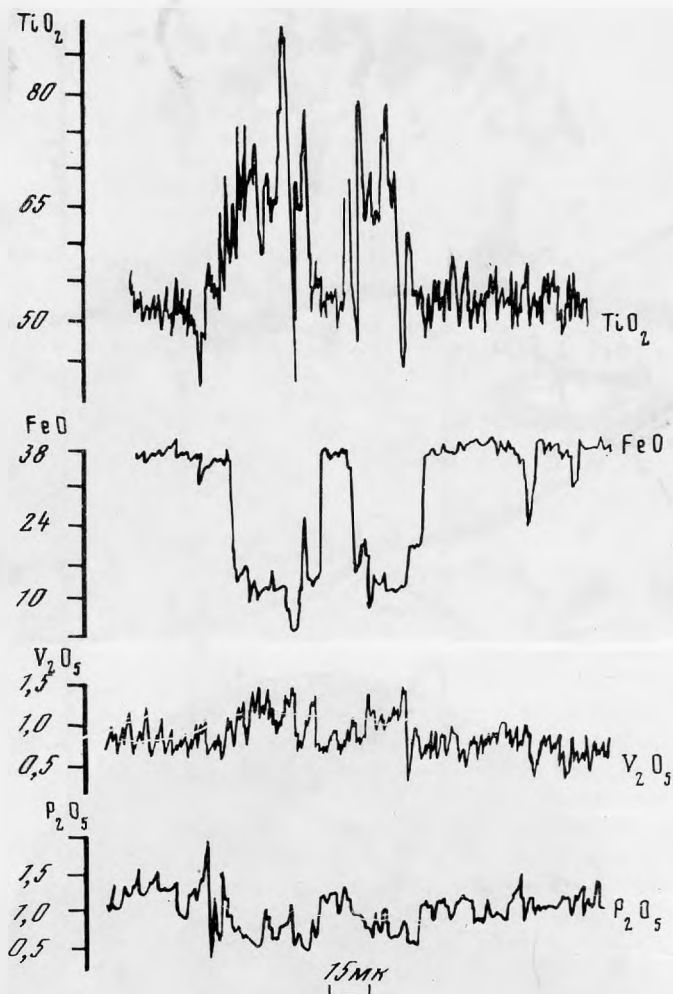


Рис. 2. Профили распределения титана, железа, ванадия, фосфора в лейкоксенизированном зерне ильменита по линии 1—1 (рис. 1)

Рентгеновским микроанализатором проводилось точечное определение элементов в зернах титанита, образующего каемки вокруг рутила. Полнотью количественный состав этой фазы установить не удалось, поэтому отнесение ее к титаниту предварительное. Содержание кальция соответствует среднему содержанию его в титаните [12], а содержание титана и кремния — ниже. Вероятно, состав этой минеральной фазы изменяется в разных частях зерна. Профиль, проведенный через зерно рутила и окружающий его титанит (рис. 4), показывает распределение железа, титана и кальция. Содержание титана падает при переходе от ильменита к титаниту и резко возрастает в рутиле. Количество железа снижается почти до нуля в титаните и рутиле, а кальция — в ильмените и рутиле.

Изменение ильменита и замещение его вторичными минералами в исследуемых породах встречается сравнительно редко и приурочено к тектонически ослабленным зонам. В таких зонах под действием механических деформаций и растворов, проникающих по трещинам, происходят процессы вторичного минералообразования — серпентинизация, хлоритизация, серицитизация, среди которых развиты лейкоксенизация и рутилизация ильменита. Изменению и замещению подвергаются

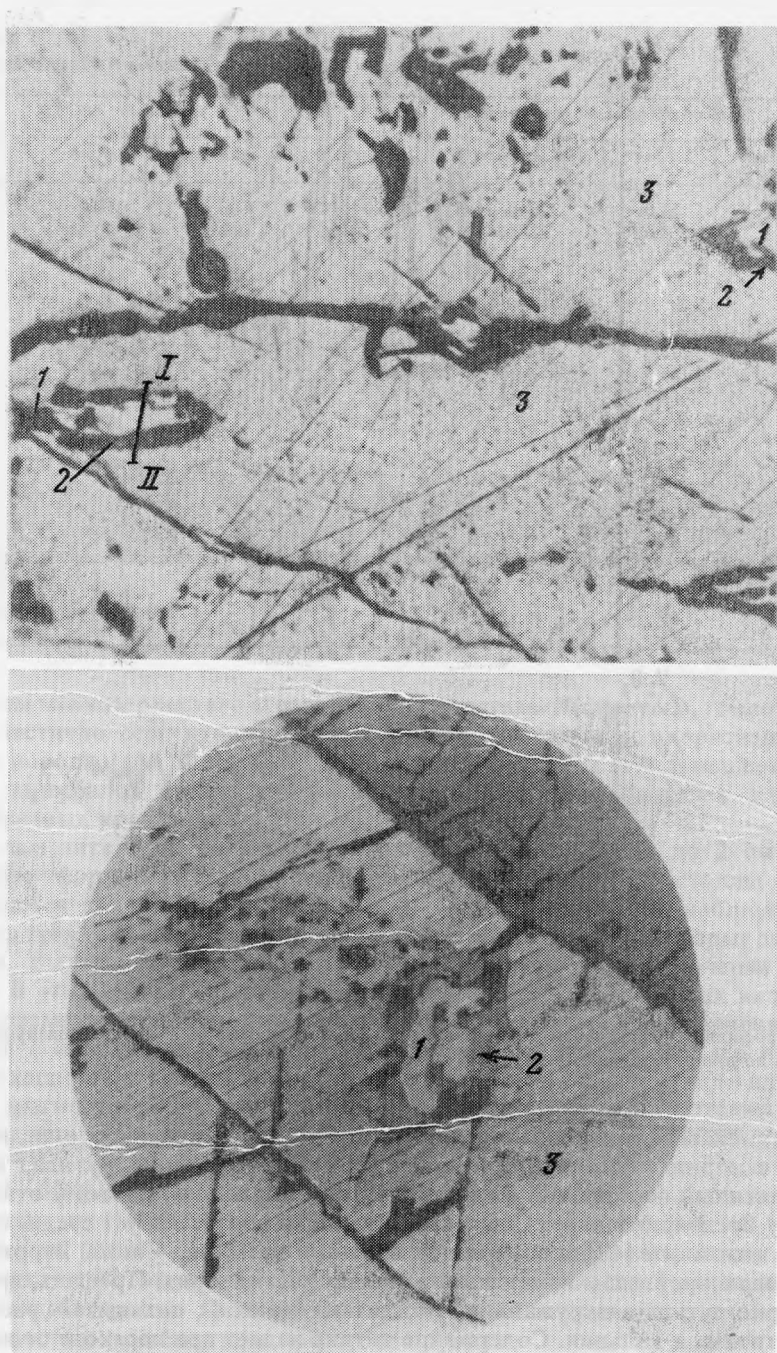


Рис. 3. Выделения рутила и титанита в ильмените в разных породах. Аншлиф, увел. 140
 1 — рутил, 2 — титанит, 3 — ильменит; I—II — линия сканирования

обычно трещиноватые зерна ильменита, испытавшие динамические нагрузки. Как видно из вышеизложенного, форма изменения ильменита различная.

Наиболее распространена лейкоксенизация ильменита, которая происходит в гидротермальную стадию магматического процесса при изменении физико-химических условий (повышение кислородного потенциала, изменение температуры

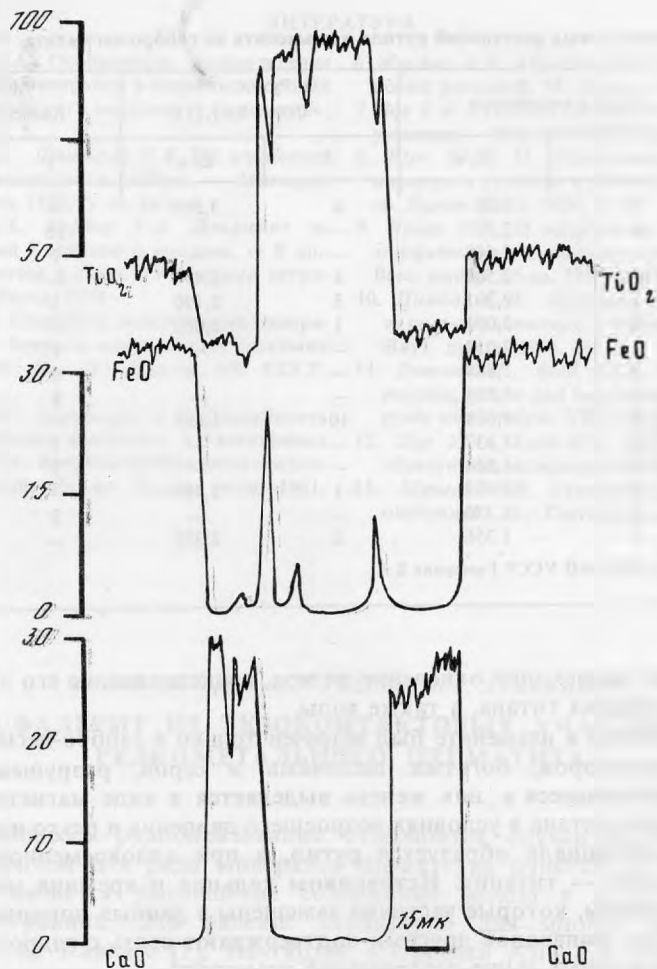


Рис. 4. Профили распределения железа, титана и кальция в ильмените, титаните и рутиле по линии II—II (рис. 3)

Таблица 2
Химический состав рутила и титанита

Компонент	Рутил		Титанит		Компонент	Рутил		Титанит	
	вес. %	молекулярн. к-ва	вес. %	молекулярн. к-ва		вес. %	молекулярн. к-ва	вес. %	молекулярн. к-ва
SiO ₂	0,26	004	28,92	482	CaO	—	—	28,83	515
TiO ₂	96,33	1204	33,00	413	P ₂ O ₅	—	—	0,37	003
Al ₂ O ₃	0,02	—	1,72	017	V ₂ O ₅	1,72	019	1,16	013
FeO	0,65	009	0,39	007	Сумма	99,69	—	95,86	—
MnO	0,06	001	—	—					
MgO	0,66	016	1,47	037					

Таблица 3

Значение межплоскостных расстояний рутила и ильменита из габбро-пегматита

N пп	Рутил с ильменитом		Рутил Семиз-Бугу, [13]		Ильменит Квинси, Массачузетс, [13]	
	J	D/n	J	D/n	J	D/n
1	10	3,28	8	3,243	—	—
2	4	2,77	—	—	10	2,74
3	1	2,564	—	—	9	2,53
4	2	2,501	4	2,494	—	—
5	1	2,201	3	2,190	3	2,23
6	1	2,071	1	2,062	—	—
7	1	2,019	—	—	1	2,025
8	1	1,884	—	—	6	1,865
9	1	1,734	—	—	8	1,720
10	8	1,698	10	1,686	—	—
11	3	1,637	—	—	3	1,63
12	1	1,514	—	—	7	1,504
13	1	1,482	1	1,484	—	—
14	1	1,370	—	—	2	1,375
15	1	1,356	2	2,359	—	—

Анализ выполнен в ИГН АН УССР Гамарник Е. А.

и т.д.). При этом происходит окисление железа, выщелачивание его из ильменита, увеличение содержания титана, а также воды.

Рутил с титанитом в ильмените был встречен только в габбро-пегматитах. Под воздействием растворов, богатых щелочами и серой, разрушаются многие минералы, а находящееся в них железо выделяется в виде магнетита и других минералов. За счет титана в условиях возросшего давления и резко изменившегося кислородного потенциала образуется рутил, а при одновременном вхождении кальция и кремния — титанит. Источником кальция и кремния могут служить пироксены и оливины, которые частично замещены в данных породах. Замещение одних силикатных минералов другими подтверждают связь с гидротермальными растворами и описанных выше превращений ильменита.

ВЫВОДЫ

1. В породах габбро-анортозитовой формации Коростенского плутона впервые в данных породах изучены продукты изменения ильменита: лейкоксен, рутил, титанит.

2. Среди продуктов изменения наиболее распространен лейкоксен по ильмениту, который встречается в калишпатизированных габбро и габбро-анортозитах, габбро-монзонитах. Значительно реже развиты титанит и рутил, которые обнаружены в габбро-пегматитах.

3. Перекристаллизация ильменита происходит в гидротермальную стадию магматического процесса, когда происходит увеличение кислородного потенциала, CaO и SiO_2 .

4. Измененные породы, в которых обнаружены ильменит с микровключениями, могут служить одним из критериев для поисков богатого титанового оруднения, так как наиболее рудоносные породы в пределах габбро-анортозитовой формации Коростенского плутона обычно изменены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинова Л.А. Особенности распределения окисных Fe—Ti минералов в основных породах Володарск-Волынского массива. — Геол. журн., 1974, т. 34, вып. 5.
2. Кудинова Л.А., Дзыкович И.Я. Об ильмените из рудного оливинового габбро. — Минерал. сб. Львов. ун-та, 1980, N 34, вып. 1.
3. Карпова О.В., Бурова Г.А. Ильменит из основных пород Копанского массива. — В кн.: Минералы базитов в связи с вопросами петрогенезиса. М.: Наука, 1970.
4. Гинзбург И.И. Стадийное выветривание минералов. — В кн.: Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946.
5. Дядченко М.Г., Хатунцева А.Я. Стадийность процесса изменения ильменита в гипергенных условиях. — В кн.: Вопросы минералогии осадочных образований. Изд-во Львов. ун-та, 1961, N 6.
6. Жердева А.Н., Абулевич В.К. Минералогия титановых россыпей. М.: Недра, 1964. 238 с.
7. Зив Е.Ф. Рутилизация ильменита в гипергенных условиях. — Изв. АН СССР, Сер. геол., 1956, N 12.
8. Юрк Ю.Ю. О метасоматическом замещении ильменита рутилом и гематитом. — Минералог. сб. Львов. ун-та. 1950, N 4.
9. Ярош П.Я. О выделениях рутила при метаморфических замещениях ильменита. — Зап. Всес. минер. об-ва, 1955, ч. 84, N 4.
10. Цимбал С.Н., Полканов Ю.А. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
11. Duncumb P., Reed S.J.B. The calculation of stopping power and backscatter effects in electron probe microanalysis. NBS, Special Publ. 1968, N 298.
12. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. М.: Мир, т. 5, 1960. 400 с.
13. Михеев В.И. Рентгеновский определитель минералов. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 848 с.

УДК 549. 1

М.А. ПЛЕСКОВА, Е.Г. РЯБЕВА, Л.С. ДУБАКИНА

СФАЛЕРИТ ИЗ ЭКЗОКОНТАКТОВЫХ УЧАСТКОВ РЕДКОМЕТАЛЬНОГО ПЕГМАТИТА

В ходе процесса рудообразования отмечаются случаи изменения состава минералов, причем для ряда минералов характерна очистка от примесей. Для сфалерита отмечается уменьшение содержания железа в поздних генерациях относительно ранних. Это явление характерно для многих месторождений: Эльбрусского на Кавказе [1], Наугарзан в Средней Азии [2], Згид и Садон на Кавказе [6, 7], для месторождений Забайкалья это явление также характерно [4, 5]. В руднике Хитаца в Японии отмечено уменьшение содержания железа в сфалерите по мере удаления от интрузива [10].

Нами изучены сфалериты из экзоконтактных зон редкометалльных пегматитов микроклин-петалит-альбитового состава. Пегматитовые жилы представлены серией пологих плитообразных тел мощностью 3—8 м, залегающих в ортоамфиболитах. Экзоконтактные изменения проявлены в непосредственной близости от пегматитов и выражаются в турмалинизации, образовании слюдитов и гольмквиститсодержащих пород, а также в развитии серии тонких кальцитовых и эпидот-кальцитовых прожилков.

Сфалерит в пределах экзоконтактов обнаружен в двух различающихся по своей геологической позиции образованиях.

Сфалерит I находится в тонких эпидотовых и кальцит-эпидотовых прожилках, которые развиты вдоль контакта пегматитовой жилы и пересекают как неизменные амфиболы, так и участки слюдитов. В ассоциации с ним находятся пирит, халькопирит, пирротин. Сфалерит черного цвета, непрозрачный. В отраженном свете сфалерит светло-серый, содержит немного эмульсионных выделений халькопирита и пирротина. Внутренние рефлексии малоинтенсивные, красные.

Сфалерит II был обнаружен в протолочках из участков экзоконтактных слюдитов, подвергшихся более позднему процессу грейзенизации. Слюда,