

ФАЦИАЛЬНАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ВЫСОКОТИТАНИСТЫХ МАГНЕЗИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТЫХ СЛЮД КАК ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РЕДКОМЕТАЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

© 2015 г. А. И. Белковский

*Институт минералогии УрО РАН
456317, г. Миасс, Челябинская обл.
E-mail: belk@mineralogy.ru*

Поступила в редакцию 17.02.2015 г.

Принята к печати 02.06.2015 г.

Рассмотрены типохимические особенности высокотитанистых магнезиально-железистых слюд гранулитов, мафит-ультрамафитов, щелочных пород и карбонатитов. Показано, что генетически высокотитанистые слюды связаны исключительно со щелочными породами и карбонатитами. Типохимизм высокотитанистых флогопит-аннитов может быть использован при оценке **Zr-Nb минерализации метаморфических и магматических горных пород**.

Ключевые слова: *высокотитанистые флогопит-анниты, гранулиты, мафит-ультрамафиты, щелочные породы, карбонатиты, Zr-Nb минерализация.*

За последние 50–70 лет получены вполне определенные результаты по изучению типохимизма и фациальной диагностики некоторых породообразующих минералов метаморфических и магматических пород. Особенно значимым результатом считается установление ряда индекс-минералов *P-T* условий гранулитового метаморфизма, одним из которых является высокотитанистый флогопит-биотит (Ramberg, 1952). По данным ряда исследователей, содержание титана в слюдах метаморфических пород увеличивается с усилением степени их метаморфизма и максимальных содержаний (0.38–0.40 к.ф.) оно достигает в слюдах гранулитов, чарнокитов и эндербитов (Судовиков, 1964; Добрецов и др., 1970; Ушакова, 1971, 1980; Другова и др., 1972; Думек, 1983). Одним из первых, кто обратил внимание на присутствие в эндербит-чарнокитах высокотитанистых слюд, были сотрудники ИГЕМ АН СССР (Островский, Петров, 1940). Характеристика гранулитовых слюд (ГС) проведена по материалам, собранным и изученным из гранулитов Норвежско-Кольской зоны, Анабарского щита и ряда районов Карелии (табл. 1). Типоморфные свойства (химический типоморфизм, оптика – характерная красная и коричнево-красная окраска) были широко использованы при составлении карт метаморфизма отдельных районов Европы и Азии (Zwart, 1967; *Metamorphic Map...*, 1972; *Metamorphic Map...*, 1973; *Метаморфические комплексы...*, 1977).

Целью настоящей работы является пересмотр имеющихся представлений об отнесении высокотитанистых Mg-Fe слюд к индекс-минералам пород

гранулитовой фации. Пересмотр обусловлен следующими фактами, которые пока не имеют никакого объяснения:

- во многих справочниках и отдельных публикациях отмечается факт замещения гранатов пиропальмандинового состава, гиперстена и салита красными высокотитанистыми флогопит-аннитами (Саранчина, Лагина, 1971; Ферштатер и др., 1978);

- красные ГС характеризуются низкими содержаниями Al^{VI} (Кориковский, 1967; Белковский, 2005, 2007), а в некоторых случаях состав их отвечает составу тетраферрислюд (Белковский, Локтина, 1974; Еськова, 1976; Семенова и др., 1978; Белковский, 1993, 2007; Белковский, Белковская, 1995), являющихся типоморфными минералами карбонатитов и щелочных пород (Боруцкий и др., 1987; Малышонок, 1993; Чуканов и др., 2008; Mian, Le Bas, 1987; Kogarko et al., 2005; Scordari et al., 2006).

При последовательном рассмотрении вопросов генезиса ГС было обращено внимание на их “проблематичное” нахождение в образованиях гарцбургитовой и офиолитовой серий, породы которых не затронуты процессами гранулитового метаморфизма. Фактический материал по этому вопросу включает результаты химических анализов красных высокотитанистых слюд из перидотитов массива Гремяха-Вырмес (Кольский полуостров), вебстеритов Буринского массива (Дальний Восток) (табл. 2), а также ряда образцов из офиолитовых ассоциаций Алтае-Саянской области и Платиноносного комплекса Урала (Кумбинский и Кытлымский массивы). Для высокотитанистых слюд, присутствующих в полифа-

Таблица 1. Кристаллохимические формулы (к.ф.) и общая железистость ($Fe_{\text{общ}}$) титанистых Mg-Fe слюд из пород гранулитовой фации метаморфизма

Table 1. Crystallochemical formulas (c.f.) and mafic index (F_{total}) of titaniferous micas from the rocks metamorphosed in granulite facies

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Si	2.89	2.76	2.88	2.80	2.73	2.84	2.80	2.80	2.91	2.82
Al ^{IV}	1.11	1.24	1.12	1.20	1.27	1.16	1.14	1.11	1.08	1.16
Fe ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.01	0.02
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al ^{VI}	0.09	0.17	0.00	0.10	0.18	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.24	0.27	0.24	0.30	0.30	0.27	0.26	0.21	0.33	0.26
Fe ²⁺	0.65	0.71	1.09	1.01	0.83	1.53	0.62	0.63	1.15	0.72
Fe ³⁺	0.07	0.06	0.14	0.00	0.25	0.11	0.11	0.35	0.10	0.22
Mn	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	–	–	0.01	0.01	0.01
Mg	1.92	1.78	1.38	1.53	1.19	1.01	1.86	1.67	1.19	1.36
Сумма	2.97	2.99	2.86	2.94	2.76	3.03	2.85	2.87	2.78	2.57
Ca	0.08	0.01	0.08	–	0.04	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09
Na	0.04	0.05	0.05	–	0.09	0.13	0.13	0.08	0.03	0.06
K	0.83	0.89	0.73	0.93	0.80	0.88	0.89	0.68	0.79	0.75
Сумма	0.95	0.95	0.86	0.93	0.93	1.03	1.06	0.81	0.89	0.90
OH	0.99	1.32	1.20	–	1.14	–	1.48	1.71	0.76	1.28
F	0.45	–	–	–	–	–	–	0.19	–	0.11
Сумма	1.44	1.32	1.20	–	1.14	–	1.48	1.90	0.76	1.39
Fe _{общ}	27.4	30.2	47.1	39.8	47.6	61.9	28.2	37.0	51.9	40.9

Примечание. 1–2 – красные флогопиты (Ti) из: 1 – чарнокитов Кольского полуострова; 2 – эндербитов Западного Приладожья; 3–5 – красные и буро-красные биотиты (Ti) из: 3 – двупироксеновых кристаллосланцев, Тараташ, Южный Урал, 4 – эндербитов Кольского полуострова, 5 – гнейсов Ильменогорской свиты, Южный Урал; 6 – темно-коричневый аннит из фенитов по гранулитам, Алдан; 7–9 – красные тетраферриглюмы Кольского полуострова из: 7 – тетраферрифлогопита по гиперстену в эндербитах, 8 – гнейсов, 9 – эндербитов; 10 – то же из эндербитов Западного Приладожья. Анализы приведены по (Белковский, 2005). $F_{\text{общ}} = Fe_2O_3 + FeO / Fe_2O_3 + FeO + MgO$.

Note. 1–2 – red phlogopites (Ti) from: 1 – charnockites of the Kola Peninsula; 2 – enderbites of the West Ladoga; 3–5 red and brown-red biotites (Ti) from: 3 – biproxene schists, Taratash, the South Urals, 4 – enderbites of the Kola Peninsula, 5 – gneisses of Ilmenogorsk suite, the South Urals; 6 – dark brown annite from fenites after granulites, the Aldan; 7–9 – red tetraferriphlogopites of the Kola Peninsula from: 7 – tetraferriphlogopite after hyperstene in enderbites, 8 – gneisses, 9 – enderbites; 10 – the same from the West Ladoga. Analyses are given by (Белковский, 2005).

Элемент	1	2	3	4	5
Si	2.74	2.86	2.94	2.66	2.64
Al ^{IV}	1.26	1.14	1.06	1.27	1.18
Fe ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.07	0.18
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al ^{VI}	0.06	0.04	0.18	0.00	0.00
Ti	0.30	0.26	0.28	0.32	0.36
Fe ²⁺	0.67	0.72	0.55	1.22	0.93
Fe ³⁺	0.00	0.09	0.01	0.07	0.49
Mn	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01
Mg	1.91	1.81	1.86	1.33	1.18
Сумма	2.95	2.92	2.88	2.96	2.97
Ca	0.03	0.05	0.01	0.15	0.12
Na	0.00	0.10	0.08	0.06	0.18
K	0.93	0.73	0.69	0.65	0.64
Сумма	0.96	0.88	0.78	0.86	0.94
OH	–	2.09	0.71	–	1.15
F	–	0.09	–	–	0.13
Fe _{общ}	26.0	30.9	23.1	49.2	54.6

Таблица 2. Кристаллохимические формулы (к.ф.) и общая железистость ($Fe_{\text{общ}}$) титанистых Mg-Fe слюд из фенитизированных пород мафит-ультрамафитового состава

Table 2. Crystallochemical formulas (c.f.) and mafic index of titanous Mg-Fe micas from fenitized rocks of mafit-ultramafic composition

Примечание. 1–3 – красные флогопиты (Ti) из: 1 – метагаббро Кольского полуострова; 2, 3 – вебстеритов (2) и габбро-норитов (3), Буреинского массива, Дальний Восток; 4, 5 – красные и красно-коричневые тетраферрибиотиты (Ti) из: 4 – кварцевых диоритов, Милисайского массива, Восточно-Мугоджарское поднятие; 5 – перидотитов, Гремяха-Вырмес, Кольский полуостров. Анализы приведены по (Белковский, 2000).

Note. 1–3 – red phlogopites (Ti) from: 1 – metagabbro, the Kola Peninsula; 2–3 – websterites (2) and gabbro-norites (3), Bureinsky massif, the Far East; 4–5 – red and red-brown tetraferribiotites (Ti) from: 4 – quartz diorites, Milisaysky massif, the East Mugodzhary Uplift; 5 – peridotites, the Gremyakh-Vyrmes, Kola Peninsula. Analyses are given by (Белковский, 2005).

циальных мафитах, предполагается магматический или постмагматический генезис (табл. 3).

В качестве обычного породообразующего минерала красный высокотитанистый флогопит-биотит

Таблица 3. Кристаллохимические формулы (к.ф.) и общая железистость ($Fe_{\text{общ}}$) титанистых Mg-Fe слюд из щелочных пород и карбонатитов**Table 3.** Crystallochemical formulas (c.f.) and mafic index of titanous Mg-Fe micas from alkaline rocks and carbonatites

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Si	2.68	2.71	2.66	2.86	2.76	2.75	2.67	2.76	2.75	2.96	2.78	2.71	2.66	2.76
Al ^{IV}	1.32	1.29	1.34	1.14	1.24	1.18	1.20	1.10	1.21	1.01	1.08	1.22	1.24	1.14
Fe ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.13	0.14	0.04	0.03	0.14	0.07	0.10	0.10
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al ^{VI}	0.09	0.19	0.06	0.04	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.21	0.22	0.23	0.25	0.24	0.35	0.28	0.33	0.16	0.18	0.31	0.37	0.25	0.26
Fe ²⁺	0.43	0.43	0.92	1.19	1.03	0.53	0.46	0.70	0.63	0.97	1.09	0.84	0.57	0.97
Fe ³⁺	0.09	0.06	0.14	0.13	–	0.06	0.01	0.06	0.19	0.06	0.10	0.08	0.45	0.15
Mn	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Mg	2.12	2.02	1.47	1.24	1.29	1.94	2.07	1.77	1.73	1.62	1.41	1.54	1.45	1.47
Сумма	2.95	2.93	2.84	2.86	2.86	2.93	2.83	2.87	2.72	2.84	2.93	2.84	2.74	2.86
Ca	0.02	0.01	0.10	0.06	0.00	0.00	0.06	0.06	0.11	0.03	0.02	0.07	0.09	0.04
Na	0.05	0.05	0.13	0.03	0.01	0.08	0.21	0.03	0.12	0.05	0.00	0.14	0.09	0.04
K	0.93	0.86	0.92	0.86	0.92	0.85	0.78	0.90	0.84	0.88	0.88	0.86	0.91	0.94
Сумма	1.00	0.92	1.15	0.95	0.93	0.93	1.05	0.99	1.07	0.96	0.90	1.07	1.09	1.02
ОН	1.77	0.94	1.36	1.29	–	0.88	0.69	–	1.51	0.49	1.58	1.00	1.82	1.87
F	0.23	0.21	0.06	0.07	–	–	0.15	–	0.03	0.48	0.62	0.16	0.22	0.08
Сумма	2.00	1.15	1.42	1.36	–	0.88	0.84	–	1.54	0.97	2.20	1.16	2.04	1.95
Fe _{общ}	19.7	19.6	41.9	51.6	44.4	23.3	18.5	30.0	32.1	38.8	45.8	37.4	41.3	43.2

Примечание. 1, 2 – красные флогопиты (Ti) из: 1 – мельтейгитов Магнет-Ков, Арканзас, США; 2 – карбонатитов, четласского щелочно-ультраосновного комплекса; 3–5 – красные и темно-коричневые биотиты (Ti) из: 3 – якупирангиов Магнет-Ков; 4 – нефелиновых сиенитов Карского побережья Югорского полуострова; 5 – слюдитов по эклогитам (гнейсовый комплекс Мунхберг, Бавария); 6–9 – тетраферрифлогопиты (Ti) из: 6 – ромбенпорфиров Хибинского массива; 7 и 9 – шошонитов (7) и эссекситов (9) Аноуйской складчатой зоны, Дальний Восток; 8 – редкометальных фенитов Сынырского массива; 10–12 – тетраферрибиотиты (Ti) из: 10 – щелочных сиенитов Гремяха-Вырмес; 11 – нефелиновых сиенитов массива Орто-Такой, Узбекистан; 12 – щелочных сиенитов Аноуйской складчатой зоны; 13 – нордмакитов грабена Осло, Норвегия; 14 – редкометальных альбититов Куртинского эклогит-сланцевого комплекса, Средний Урал. Анализы приведены по (Белковский, 2000).

Note. 1–2 – red phlogopites (Ti) from: 1 – melteigites, Magnet Cove, Arkansas, USA; 2 – carbonatites, Chetlasky alkaline-ultramafic complex; 3–5 – red and dark brown biotites (Ti) from: 3 – jacupirangites, Magnet Cove, Arkansas, USA; 4 – nepheline syenite, Kara coast Ugra Peninsula; 5 – glimmerites after eclogites, Munchberg gneiss complex, Bavaria; 6–9 – tetraferriphlogopites (Ti) from: 6 – robenporphyries, Khibiny Massif; 7 and 9 – shoshonites (7) and essexites (9) Anyui folded zone, the Far East; 8 – rare metal fenites, Synyr massif; 10–14 – tetraferribiotites (Ti) from: 10 – alkaline syenite, Gremyakh-Vyrmes; 11 – nepheline syenite, Ortho-Takoy massif, Uzbekistan; 12 – alkali syenite, Anyui folded zone, the Far East; 13 – nordmarkites, Graben Oslo, Norway; 14 – rare metal albitites, Curtin eclogite-slate complex, the Middle Urals. Analysis from (Белковский, 2005).

обнаружен автором в составе редкометальных альбититов, секущих мелкие эклогитовые тела в районе Маукского рудопроявления магматитовых кварцитов (Белковский, Белковская, 1995). Альбититы сопровождаются вкрапленностью темно-красного (10–15 мм) метамиктного фергусонита и мелкими (до 0.5 мм) кристаллами дипирамидального циркона. Эта находка заставила автора обратиться к специальной литературе, посвященной минералогии щелочных пород. Оказалось, что высокотитанистые красные биотит-флогопиты характерны для эффузивных (шошониты и нордмакиты Грабена Осло, Норвегия; мейтейгиты, якупирангиты Магнет-Ков, США; ромбенпорфиры, Хибинского массива, Россия) и магматических (щелочные и нефелиновые сиениты, массива Гремяха-Вырмес, Кольский полуостров; массива Орта-Такой, Карское побережье, Югорский полуостров, Россия) (Багдасаров и др., 1984, 1985; Белковский, 1993, 2000) горных пород, слюдитов, редкометальных фенитов (Сыныр-

ский массив, Урал, Россия) (Багдасаров и др., 1984, 1985; Белковский, 1993, 2000; Mian, Le Bas, 1987) и карбонатитов.

Все изложенное выше позволяет утверждать, что высокотитанистые красные слюды и тетраферрислюды генетически связаны исключительно со щелочными породами и карбонатитами.

Редкометальная минерализация фенитов, содержащая высокотитанистые слюды, изучена слабо. В них установлено присутствие метамиктного и анизотропного фергусонита, бариевого и Pb-Ce пирохлора, титаноколумбита, ильменорутила (Ефимов и др., 1985).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Красный высокотитанистый флогопит-биотит должен быть исключен из общего списка минералов гранулитовой фации, так как он связан с процессами щелочного магматизма и карбонатообразования.

2. Находки красных высокотитанистых магнезиально-железистых слюд в породах гарцбургитовой и офиолитовой ассоциаций не связаны с процессами фенитизации различных по составу мафит-ультрамафитов.

3. В целях определения общих перспектив фенитов с высокотитанистыми слюдами следует в полной мере изучить их редкометальную минерализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багдасаров Ю.А., Белых В.И., Скосырева М.В., Власова Е.В. (1984) Слюдистые меланокarbonатиты района КМА. *Докл. АН СССР*. **278**(6), 1457-1461.
- Багдасаров Ю.А., Власова Е.В., Скосырева М.В. (1985) Типоморфизм слюд ультрабазитовых щелочных пород и карбонатитов Маймеча-Котуйской провинции. *Изв. АН СССР. Сер. геол.* (6), 78-92.
- Белковский А.И. (1993) Химический типоморфизм тетраферрифлогопитов различной фациальной принадлежности. *Геохимия магматических пород: XVIII семинар*. М.: ГЕОХИ АН СССР, 159-160.
- Белковский А.И. (2000) Высокоцитанистый биотит: особенности химического состава и генезис высокотитанистых триоктаэдрических слюд в породах гранулитовой фации метаморфизма. *Петрография на рубеже XXI века. Итоги и перспективы. Т. II*. Сыктывкар: Геопринт, 153-155.
- Белковский А.И. (2005) Высокоцитанистый биотит: особенности химического состава и генезис высокотитанистых триоктаэдрических слюд в породах гранулитовой фации. *Петрография XXI в.* Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 153-155.
- Белковский А.И. (2007) Минералогия позднепалеозойских гранитов А-типа Центрально-Уральского поднятия (Уфалейский метаморфический блок). *Минералогия Урала-2007: V Всерос. совещ.* Миасс-Екатеринбург: ИМин УрО РАН, 171-174.
- Белковский А.И., Белковская Я.А. (1995) Биотиты из фенитизированных пород восточной части Уфалейского метаморфического блока. *Уральский минералог. сборник*. (4). Миасс, 33-42.
- Белковский А.И., Локтина И.Н. (1974) Раннепалеозойская ассоциация щелочных гранитов-нефелиновых сиенитов западного склона Среднего Урала. *Докл. АН СССР*. **215**(5), 1206-1209.
- Боруцкий Б.Е., Соболев В.С., Голованова Т.И. (1987) Трехслойный биотит $3T_1$ из Хибинского массива. *Докл. АН СССР*. **294**(6), 1442-1445.
- Добрецов Н.Л., Ревердатто В.В., Соболев В.С. и др. (1970) Фации метаморфизма. М.: Недра, 432 с.
- Другова Г.М., Глебовицкий В.А., Никитина Л.А. и др. (1972) Гранулитовая фация метаморфизма. Л.: Наука, 256 с.
- Еськова Е.М. (1976) Щелочные редкометальные метасоматиты Урала. М.: Наука, 292 с.
- Ефимов А.Ф., Еськова Е.М., Лебедева С.И., Левин В.Я. (1985) Типохимизм акцессорного пироклора в породах щелочного комплекса Урала. *Геохимия*. (2), 201-208.
- Кейльман Г.А. Гнейсовые комплексы Урала. (1971) *Метаморфические пояса СССР*. Л.: Наука ЛО, 207-233.
- Коваль П.В., Есвиг В., Сапожников А.Н. (1978) Сосуществующие титанистые оксибиотиты 3Т и 3М мегакристов базальтоидов Шаварын-Царама (МНР). *Докл. АН СССР*. **302**(2), 430-433.
- Кориковский С.П. (1967) Метаморфизм, гранитизация и постмагматические процессы в докембрии Удоканостановой зоны. М.: Наука, 298 с.
- Мальшонок Ю.В. (1993) Титаноносность магнезиальных слюд как распознавательный критерий щелочных пород в ультраосновных массивах магматических серий. *Геология и геофизика*. (4), 82-91.
- Метаморфические комплексы Азии. (1977) (Под ред. акад. В.С. Соболева). Новосибирск: Наука СО, 350 с.
- Островский И.А., Петров В.П. (1940) О флогопитах Слюдяных месторождений. *Тр. ГИН АН СССР. Вып. 36* (11), 3-14.
- Саранчина Г.М., Лагина В.В. (1971) О новой области развития чарнокитов в Приладожье. *Проблемы магматизма Балтийского щита*. Л.: Наука ЛО, 113-121.
- Семенова Т.Ф., Франк-Каменецкий В.А. и др. (1978) Структурные особенности и диагностика минералов изоморфного ряда тетраферрифлогопитов. *ЗВМО. Ч. 107. Вып. 2*, 213-219.
- Судовиков Н.Г. (1964) Региональный метаморфизм и некоторые проблемы петрологии. Л.: ЛГУ, 550 с.
- Ушакова Е.Н. (1971) Биотиты метаморфических пород. М.: Наука, 348 с.
- Ушакова Е.Н. (1980) Биотиты магматических пород. Новосибирск: Наука СО, 328 с.
- Ферштатер Г.Б., Бушляков И.Н. и др. (1978) Петрология тараташских гранулитов. *Петрология и железорудные месторождения Тараташского комплекса. Тр. ИГЗ им. В. И. Ленина. Вып. XVIII*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 69-76.
- Чуканов Н.В., Розенберг К.А., Расцветаева Р.К., Мёккель Ш. (2008) Новые данные о высокотитанистом биотите, проблема "воданита". *Новые данные о минералах. Вып. 43*. М.: Мин. музей им. А.Е. Ферсмана, 72-77.
- Dymek R.F. (1983) Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gneisses, West Greenland. *Amer. Mineral.* **68**, 880-899.
- Kogarko L.N., Uvarova Yu.A., Sokolova E., Hawthorne F.C., Ottolini L., Grice J.D. (2005) Oxykinoshitalite, a new species of mica from Fernando de Noronha Island, Pernambuco, Brazil Occurrence and crystal structure. *Can. Mineral.* **43**(5), 1504-1510.
- Mian I., Le Bas M.J. (1987) The biotite-phlogopite series in fenites from the Shailman carbonatite complex, NM Pakistan. *Miner. Magaz.* **51**(3), 397-408.
- Metamorphic Map of Japan, 1972.
- Metamorphic Map of Europe, 1973.
- Ramberg H. (1952) The origin of metamorphic and metasomatic rocks. Chichago, 120 p.
- Scordari F., Ventruri G., Sabato A. (2006) Ti-rich phlogopite from Mt. Vulture (Potenza, Italy) investigated by a multi-analytical approach. *Eur. J. Mineral.* **18**, 379-391.
- Zwart H.I. (1967) Orogenesis and metamorphic facies in Europe. *Hescol. Foren. Medd. Dansk.* (17), 45 p.

Рецензент В.П. Молошаг

**Facial accessory of high-titanium magnezium-ferruginous micas
as one of evaluation criteria of metamorphic
and magmatic rocks rare-metall specialization**

A. I. Belkovsky

Institute of mineralogy, Urals Branch of RAS

Type-chemical features of high-titanium magnezium-ferruginous micas of granulites, mafite-ultramafites, alkaline rocks, and carbonatites are considered. It is shown that genetically high-titanium micas are connected only with alkaline rocks and carbonatites. Chemical composition of high-titanium phlogopite-annite can be used at an assessment of Zr-Nb mineralization of metamorphic and magmatic rocks.

Key words: high-titanium phlogopite-annites, granulites, mafite-ultramafites, alkaline rocks, carbonatites, Zr-Nb mineralization.