УДК 552.3:552.4 https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.50

ТИПОХІМІЯ ІЛЬМЕНІТУ З ГРАНІТОЇДІВ ЩИТІВ ДРЕВНІХ ПЛАТФОРМ І СКЛАДЧАСТИХ ОБЛАСТЕЙ

Харитонов В.М.[1], Полєтньова А.О.[2]

[1]Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна, haritonov.vm@knu.edu.ua

[2]ДНУ «Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення» НАН України, poletnewa@gmail.com

TYPOCHEMISTRY OF ILMENITE FROM GRANITOIDS OF SHIELDS OF ANCIENT

Kharytonov V.M.[1], Polietnova A.O.[2]

[1]Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, haritonov.vm@knu.edu.ua

[2]DNU «Center for Problems of Marine Geology, Geoecology, and Sedimentary Ore Formation» of the NAS of Ukraine, poletnewa@gmail.com

The analysis of ilmenite from granitoids of shields and fold belts has shown that there are slight differences in the mineral's chemical composition depending on the geotectonic position of the granitoids. Ilmenite from platform formations is characterized by higher coefficients of iron and titanium. Ilmenite from the shields' granitoids, including those of the Ukrainian shield, contains a higher content of manganese and a lower content of magnesium compared to ilmenite from the granitoids of fold belts.

Титан – стратегічний метал, який широко застосовується в промисловості: авіакосмічній, суднобудівній, автомобілебудівній, хімічній та ін.

В нашій країні створена потужна мінерально-ресурсна база цього металу. Виявлено 40 родовищ, серед яких є два крупних розсипного генезису (Малишевське та Іршанське). Також є родовища магматичного і гіпергенного походження. Серед сорока родовищ 12 детально розвідано і передано промисловості, 8 – розробляється [2]. Проте, нарощування ресурсної бази титану залишається важливим питанням не тільки для України, а також є сталою необхідністю для багатьох країн та транснаціональних корпорацій.

Розсипні родовища титану є важливим його сировинним джерелом. Ільменіт – один з провідних мінералів-носіїв Ті у розсипному геолого-промисловому типі родовищ. Передбачається, що живлення розсипів ільменітом відбувалося за рахунок руйнації порід з підвищеним вмістом цього мінералу. Зокрема, для розсипних родовищ України, це могли бути ультрабазит-базитові породи докембрійських магматичних комплексів Українського щита, а також ортоамфіболіти (метаморфізовані магматичні породи основного складу). Проте, поширеність гранітоїдів в межах Українського щита та інших геотектонічних структур, а також наявність в їх складі ільменіту, дозволяють припустити, що за тривалий час руйнації значних мас вивітрілих гранітоїдів, вони також могли бути постачальниками ільменіту. Виявити генетичний зв’язок між розсипом і джерелом його живлення, на думку авторів, можна за подібністю хімічного складу ільменіту. В зв’язку з чим виявити особливі риси його геохімії є важливим науково-прикладним питанням. Також цікавим є виявити відмінності складу ільменіту з гранітоїдів інших регіонів планети.

Результати раніше виконаних досліджень. За даними авторів [9], типовою особливістю мікрогранодіоритів Богемського масиву (Середземноморський складчастий пояс) є високий вміст нормативного ільменіту (0,4-3,8 об.%). Вчені відмічають перевагу пірофанітового міналу над гейкілітовим. В публікації [6] зазначається, що ільменіт з порід кратону Араваллі (Індійський щит) зустрічається у вигляді включень у слюдах та магнетиті. Характеризується низьким вмістом Mg (0,0-0,2 об.%) і, порівняно, високим вмістом Mn (3,9-10,3 об.%). Породи окрім ільменіту (до 1,0 об.%) також містять такі акцесорії: апатит, хлорит, циркон, епідот, магнетит і рутил. В роботі [4] автори досліджували гранітоїди мігматитового комплексу Міту (Гвіанський щит) та пов'язані з ними пегматити і кварцові жили. Вміст ільменіту, відповідно, становить 2,5, 1,1 і 0,8 об.%. Вчені наводять хімічні аналізи ільменіту, проте не акцентують увагу на його типохімізмі, а зосереджуються більше на особливостях хімічного складу магнетиту. В монографії [1] наведені відомості про особливості ільменіту з гранітизованих порід Криворіжжя (Український щит). Автори зазначають, що ільменіт цементує порфіри плагіоклазу і кварцу. Результатів детального аналізу хімічного складу ільменіту автори не навели. В статті [10] подані відомості про вивчення ільменіту з гранітів регіону П'ємонт штату Джорджія, США (Атлантичний складчастий пояс). Авторами були розраховані формульні коефіцієнти ільменіту, базуючись на чому вони відмічають незначну кількість гейкілітового і гематитового міналу. Таким чином, в опублікованих джерелах міститься розрізнена інформація про особливості хімічного складу ільменіту з гранітоїдів щитів древніх платформ і складчастих поясів. Вчені зосереджували увагу на визначенні мінального складу ільменіту. Отже, постає необхідність систематизувати ці дані.

Мета і задачі досліджень. За мету автори обрали проаналізувати хімічний склад ільменіту з гранітоїдів древніх платформ та складчастих поясів для поглибленого розуміння геохімічних, мінералогічних і геологічних процесів, що відбувалися під час формування гранітоїдних порід, а також для визначення пошукових критеріїв для виявлення потенційних економічно-значущих проявів розсипного титану. Для досягнення зазначеної мети були поставлені та виконані такі задачі: 1) аналіз хімічного складу ільменіту; 2) виявлення геохімічних особливостей ільменіту з гранітоїдів, як потенційного джерела рудоносності розсипів; 3) порівняння типохімізму ільменіту з гранітоїдів древніх платформ та складчастих областей.

Характеристика вихідного матеріалу, методика виконання досліджень. Проаналізовано хімічний склад ільменіту з гранітоїдів чотирьох щитів древніх платформ та п'яти складчастих поясів, які представляють усі материки нашої планети. Загальна кількість проаналізованих даних склала 27 проб. Дослідження були зосереджені на вивчення хімічного складу ільменітів, зокрема варіації вмісту мінералоутворювальних компонентів (TiO_2, FeO), а також інших хімічних сполук (Fe_2O_3, MnO, MgO). Вихідні дані і розраховані на їх основі геохімічні коефіцієнти за формулами 1-3, наведені в табл. 1.

$$Кз = \frac{Fe_2O_3+FeO}{Fe_2O_3+FeO+MgO} \times 100 \quad (1)$$

$$Коз = Fe_2\,O_3/(FeO + Fe_2O_3) \quad (2)$$

$$Кт = TiO_2/(FeO + Fe_2O_3), \quad (3)$$

де *Кз* – коефіцієнт залізистості, *Коз* – коефіцієнт окиснення заліза, *Кт* – коефіцієнт титаністості.

Таблиця 1 – Хімічний склад ільменіту з гранітоїдів древніх платформ та складчастих поясів

Назва геотектонічних елементів	Хімічний склад ільменіту					Коефіцієнт			Джерело
	TiO_2	FeO	Fe_2O_3	MnO	MgO	*Кз*	*Коз*	*Кт*	
щити древніх платформ									
Канадський (Канада)	51,00	35,70	0,00	11,00	0,00	100,00	0,00	1,43	[11]
Гвіанський (Колумбія)	51,35	38,11	2,26	7,93	0,01	99,96	0,06	1,24	[4]
Індійський (Індія)	52,22	39,27	0,58	7,71	0,05	99,88	0,01	1,31	[6]
Український (Україна)	49,05	36,23	9,20	4,15	0,09	99,80	0,20	1,08	[1]
складчасті пояси									
Атлантичний (Норвегія)	48,11	43,29	0,00	5,58	0,85	98,07	0,00	1,11	[7]
Антарктичний (гори Пенсакола)	50,26	43,76	3,77	2,00	0,02	99,97	0,08	1,06	[5]
Атлантичний (США)	48,55	46,21	0,00	3,04	0,05	99,89	0,00	1,05	[10]
Андський (Болівія)	52,73	42,33	0,00	0,00	4,44	90,51	0,00	1,25	[8]
Середземноморський (Чехія)	51,60	43,75	1,82	2,45	0,02	99,95	0,04	1,13	[9]
Східно-Австралійський (Австралія)	45,99	37,60	11,82	3,68	0,00	100,00	0,24	0,93	[12]

Аналіз одержаних результатів. При аналізі хімічного складу ільменіту з гранітоїдів фундаменту древніх платформ було виявлено, що найвищий вміст TiO_2 (52,2 мас.%) характерний для ільменіту з утворень Індійського щита. Ільменіт гранітоїдів Українського щита містить 49,0 мас.% TiO_2, що є найнижчим значенням серед досліджуваних зразків. Вміст FeO є найвищим в ільменіті з гранітоїдів Індійського щита (39,3 мас.%), найнижчий вміст FeO зафіксовано в ільменіті з утворень Канадського щита, де він становить 35,7 мас. %. Концентрація MnO є найвищою в ільменіті з гранітоїдів Канадського щита (11,0 мас.%). Найнижчий вміст цього компоненту спостерігається в ільменіті з утворень фундаменту Українського щита (4,2 мас. %). Найвищий вміст MgO наявний в ільменіті з гранітоїдів Індійського щита, де він становить 0,5 мас. %. Найнижчий вміст цього компоненту зафіксовано в ільменіті з гранітоїдів Гвіанського щита – 0,01 мас. %. Варто зазначити, що в ільменіті з гранітоїдів Канадського щита MgO не виявлений.

Аналіз хімічного складу ільменіту з гранітоїдів складчастих поясів показав, що максимальний вміст TiO_2 зафіксовано в Центральних Андах (Андський складчастий пояс, Болівія), де його частка становить 52,7 мас.%. Цей показник перевищує значення, типові для ільменіту з гранітоїдів інших регіонів.

Мінімальний вміст TiO_2 спостерігається в районі Роксбі-Даунс (Східно-Австралійський складчастий пояс, Австралія), з показником 46,0%. Це найнижче значення серед досліджуваних складчастих областей. FeO досягає найвищої концентрації в ільменіті з гранітоїдів регіону П'ємонт штату Джорджія (Атлантичний складчастий пояс, США) – 46,2 мас.%, найнижчий вміст цього компоненту визначено в районі Роксбі-Даунс – 37,6 мас. %. У зразках ільменіту з провінції Берген (Атлантичний складчастий пояс, Норвегія), регіон П'ємонт Джорджія (Атлантичний складчастий пояс, США) та з району Центральних Анд компонент Fe_2O_3 відсутній. Найвищий вміст MgO зареєстровано в ільменіті з Центральних Анд, де він складає 4,4 мас.%. Практично цей компонент відсутній в ільменіті гранітоїдів масиву Форрестал Рандж (Антарктичний складчастий пояс, Антарктида) – 0,01 мас.% та Богемському масиві (Чехія) – 0,02 мас.%.

Коефіцієнт залізистості (*Кз*) у більшості проаналізованих проб є дуже високим, близьким до 100%. Для ільменіту з гранітоїдів щитів значення коефіцієнту вище, ніж в ільменіті гранітоїдів складчастих поясів. Коефіцієнт окиснення заліза (*Коз*) в більшості проб дуже низький (інтервал коливань 0,01-0,2, в середньому 0,7 для ільменіту зі щитів і 0,04-0,24, в середньому 0,6 – зі складчастих поясів). Для деяких проб його розрахувати не було змоги, у зв'язку з відсутністю даних про вміст заліза окисного. Це свідчить про незначну ступінь окисненості досліджених ільменітів, що є типово для ільменіту з гранітоїдів незалежно від геотектонічної позиції.

Найбільшу відмінність серед розрахованих коефіцієнтів виявлено для *Кт*. Для ільменіту щитів значення цього показника у середньому становить 1,27 (інтервал 1,08-1,43), зі складчастих поясів – 1,09 (0,93-1,25), відповідно. Найвище значення коефіцієнту виявлене для ільменіту з гранітоїдів Канадського щита, найнижче – Українського. Серед ільменітів зі складчастих областей, відповідно, Андського і Східно-Австралійського. Для порівняння ільменіт зі стехіометричним хімічним складом характеризується значенням *Кт* =1,11. Отже, саме ільменіт зі складчастих поясів ближче до ідеального хімічного складу за співвідношенням мінералоутворювальних компонентів.

Висновки. Ільменіт з гранітоїдів щитів і складчастих поясів характеризується незначними відмінностями хімічного складу. Ільменіт з платформних утворень переважає за коефіцієнтами залізистості і титаністості ільменіт складчастих поясів. Також ільменіт гранітоїдів щитів, у тому числі Українського, характеризується більшим вмістом марганцю і меншим вістом магнію, порівняно з ільменітами гранітоїдів складчастих поясів.

Література

1. *Бєлєвцев Р.Є., Бучинська Н.І., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Галій С.А., Гершойг Ю.Г., Квасниця В.М., Кульчицька А.А., Лазаренко Е .К., Мельник Ю.П., Мельников В.С., Павлишин В.І., Пирогов Б.І., Туркевич Г.І.* Мінералогія Криворізького басейну. Видавництво «Наукова Думка», Київ, 1977 р.

2. *Галецький Л.С., Ремезова О.О..* Стратегія розвитку мінерально-сировинної бази титану України // Геологічний журнал 2021 №3, Київ.

3. *Ганжа О., Кузьманенко Г., Охоліна Т., Ремезова О*. Сучасний стан мінерально-сировинної бази розсипних родовищ титану України // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Київ 2022 р. С. 60-66

4. *Carlos José Charry, Juan Carlos Molano, Leonardo Santacruz, Janeth Sepúlveda*. Magnetic Petrology applied to the characterization of Pegmatite Dykes in Eastern Colombia // Earth Sci. Res. J. Vol. 27, No. 1 (March, 2023): 11 – 25.

5. *GlaN R., A. B. Fono.* Iron-titanium oxides of the Dufek intrusion, Antarctica // American Mineralogist, Volume 62, pages 623-633, 1977

6. *Hiredya Chauhan, Dinesh Pandit, Talat Ahmad, Rohit Kumar Giri, Avinash C. Pandey*. Formation of manganoan ilmenite in Archean tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) gneisses inferred from re-equilibration of biotite and Fe-Ti oxide assemblage: a case study from the Aravalli Craton, northwest India // N. Jb. Miner. Abh. (J. Min. Geochem.) 198/2 (2023), 171–190.

7. *Korneliussen, A., McEnroe, S. A., Nilsson, L.P., Schiellerup, H., Gautneb, H., Meyer, G.B.* An overview of titanium deposits in Norway //Norges geologiske undersøkelse Bulletin 436, 27-38.

8. Miller, James Fisher. Granite Petrogenesis in the Cordillera Real, Bolivia and Crustal Evolution in the Central Andes // PhD thesis The Open University 1988.

9. *10Miloš RENÉ.* Titanite-ilmenite assemblage in microgranodiorites from the northeastern margin of the klenov granite body (Bohemian massif, Czech Republic) // Acta Geodyn. Geomater., Vol. 8, No. 4 (164), 479–487, 2011.

10.*Paul A. Schroeder, John J. Le Golvan, and Michael F. Roden.* Weathering of ilmenite from granite and chlorite schist in the Georgia Piedmont // American Mineralogist, Volume 87, pages 1616–1625, 2002.

11.*Petr ČernÝ; Bruce E. Goad; Frank C. Hawthorne; Ron Chapman.* Fractionation trends of the Nb- and Ta-bearing oxide minerals in the Greer Lake pegmatitic granite and its pegmatite aureole, southeastern Manitoba // American mineralogist, Volume 71, Number 3-4, 1986.

12.*Robert A. Creaser*. Petrogenesis of a Mesoproterozoic quartz latite-granitoid suite from the Roxby Downs area, South Australia // Precambrian Research 79 (1996) 371-394.