

УДК 549.6:553.22(477.7)

## ПРОКСЕНИ ФЕНІТІВ СХІДНОГО ПРИАЗОВ'Я

**В. Моргун**

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,  
просп. акад. Палладіна, 34, 03680 м. Київ, Україна  
E-mail: czeslawgeol@ukr.net*

Досліджено піроксени з лужних метасоматитів Східного Приазов'я, виявлені в межах Кальміус-Єланчицького масиву та поблизу Октябрського і Південнокальчицького масивів. Ці метасоматити трактують як тріщинні утворення або як феніти. Виконані останніми роками петрографічні й геохімічні дослідження порід, хімічні й мікрозондові аналізи мінералів і порід, результати визначення в них ізотопного складу С, О, Sr підтверджують висновок про належність їх до фенітів. Одним із головних породоутворювальних мінералів метасоматитів є лужний піроксен (егірин, егірин-саліт). Схарактеризовано склад, форми прояву та парагенезис лужних мінералів у фенітах та інших лужних породах.

*Ключові слова:* піроксен, егірин, егірин-саліт, феніти, лужні метасоматити, Східне Приазов'я, Український щит.

Оскільки фемічні мінерали є найбільш показовими й варіабельними для фенітів щодо хімізму, то їм приділяють особливу увагу. Водночас польові шпати – альбіт і мікроклін загалом, – як засвідчують мікрозондові аналізи, мають сталий хімічний склад, тому ці їхні особливості сьогодні складно використати для петрогенетичної інтерпретації. Піроксени на рівні з амфіболами і слюдами є достатньо інформативними породоутворювальними мінералами для дослідження порід різного складу і генезису. Майже повсюдна їхня наявність у породах дає змогу отримувати уявлення про особливості умов їхнього утворення.

Мікрозондовим аналізом досліджували піроксени з фенітів Дмитрівки та частково хімічним аналізом з фенітів Хлібодарівського кар'єру (рис. 1).

Як бачимо з діаграми (рис. 2), піроксени з лужних метасоматитів Дмитрівки (див. таблицю) та Березової Гаті містяться переважно в полі егірину. Крім піроксенів з лужних метасоматитів Східного Приазов'я, на діаграму нанесено дані щодо піроксенів з подібних утворень усього Українського щита (УЩ).

Дещо більш кальцієвим виявився піроксен з фенітів Хлібодарівки. Хімічний аналіз цього піроксену такий, %: SiO<sub>2</sub> – 50,53; TiO<sub>2</sub> – 1,38; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,69; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 22,55; FeO – 5,86; MnO – 0,2; MgO – 2,85; CaO – 4,29; Na<sub>2</sub>O – 9,26.

Зазначимо, що амфіболи з карбонатитів Хлібодарівки також виявилися дещо більш кальцієвими, ніж у більшості фенітів Східного Приазов'я. Однак, на жаль, амфіболи з фенітів Хлібодарівки нам не вдалося проаналізувати. Натомість піроксени з фенітів інших ділянок УЩ займають проміжне положення між діопсидом, геденбергітом та егірином [3].

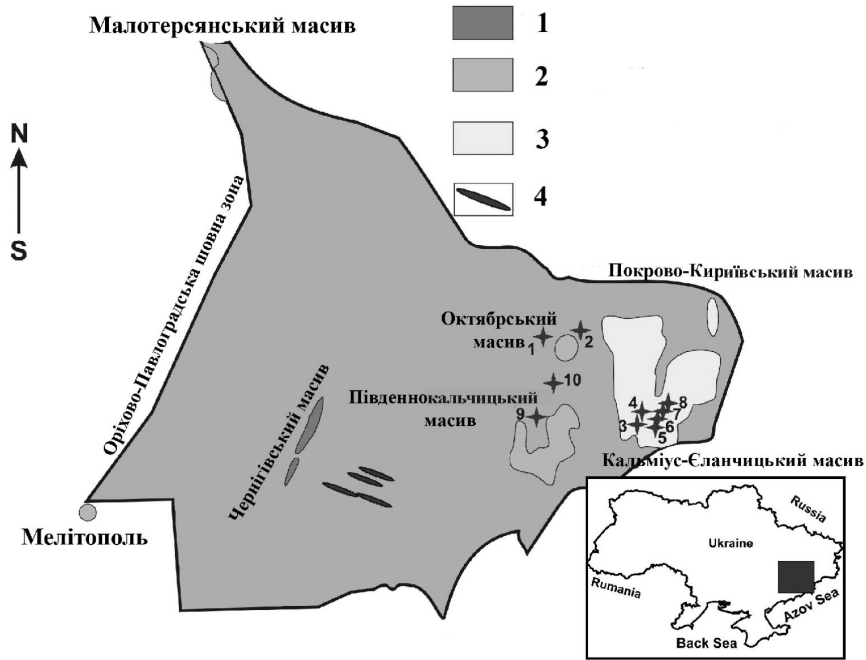


Рис. 1. Схема розташування лужних метасоматитів у Східному Приазов'ї.

Цифри на схемі (прояви лужних метасоматитів): 1 – Хлібодарівський масив; 2 – Дмитрівський кар'єр; 3 – балка Чернеча (с. Орлівське); 4 – балка Вербова; 5 – Петрово-Гнутівський рудопрояв; 6 – балка Калмицька; 7 – с. Каплани; 8 – с. Миколаївка; 9 – балка Тунікова; 10 – балка Валі-Тарама [4].

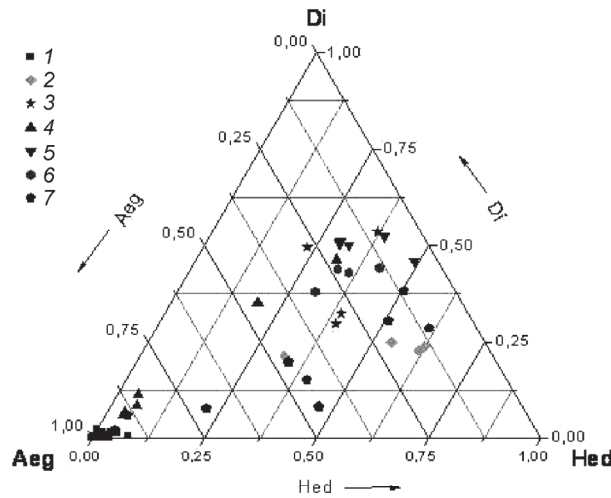


Рис. 2. Склад піроксенів у системі діопсид (Di)–геденбергіт (Hed)–егірін (Aeg):

1 – феніти Дмитрівського кар'єру; 2 – метасоматити Малотерзянського масиву; 3–6 – феніти: 3 – Чернігівського масиву, 4 – Березової Гаті, 5 – Антонівського масиву, 6 – Проскурівського масиву; 7 – лужні породи Октябрського масиву.

## Результати мікрозондового аналізу егірину з метасоматитів с. Дмитрівка

Оксиди	Взірець DM-15					Взірець DM-8			
	SiO <sub>2</sub>	52,37	51,88	52,18	52,42	52,19	52,86	51,99	52,10
TiO <sub>2</sub>	0,13	0,15	0,11	0,30	0,10	0,15	0,12	0,21	0,18
ZrO <sub>2</sub>	0,04	0,01	0,08	0,20	0,01	0,20	0,02	0,06	0,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73	0,83	0,81	2,19	0,89	0,52	0,64	1,07	0,67
FeO	29,62	29,64	29,97	27,72	29,52	29,50	29,83	29,45	29,59
MnO	0,05	0,07	0,09	0,31	0,11	0,07	0,03	0,05	0,10
MgO	0,03	0,03	0,03	0,20	0,03	0,07	0,04	0,04	0,03
CaO	0,03	0,02	0,07	0,40	0,04	0,05	0,04	0,02	0,12
Na <sub>2</sub> O	13,47	13,21	13,21	13,16	13,51	13,49	13,32	13,52	13,65
Сума	96,47	95,84	96,55	96,90	96,40	96,91	96,03	96,52	96,46
(Na+K)/Al	18,45	15,92	16,31	6,01	15,18	25,94	20,91	12,64	20,40

Оксиди	Взірець DM-8		Взірець DM-7						
	SiO <sub>2</sub>	51,07	51,49	51,47	51,59	51,62	51,50	51,44	50,96
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,08	0,47	0,55	0,34	0,60	0,60	1,44	0,78
ZrO <sub>2</sub>	0,09	0,04	0,25	0,30	0,52	0,31	0,27	0,44	0,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,70	0,80	1,83	2,09	2,02	1,78	1,87	1,54	1,37
FeO	30,01	29,51	27,88	27,09	27,60	27,62	27,51	26,92	28,79
MnO	0,11	0,05	0,32	0,37	0,52	0,38	0,38	0,57	0,11
MgO	0,03	0,05	0,24	0,26	0,22	0,28	0,27	0,38	0,13
CaO	0,06	0,03	0,52	0,64	0,90	0,55	0,57	0,61	0,11
Na <sub>2</sub> O	13,57	13,42	12,97	12,83	12,55	12,77	12,87	13,01	13,16
Сума	95,73	95,47	95,95	95,72	96,29	95,79	95,78	95,87	96,01
(Na+K)/Al	19,36	16,71	7,09	6,14	6,21	7,17	6,88	8,44	9,61

Як засвідчують спостереження в шліфах, на початковій стадії обслуговування гранітоїдів новоутворення лужних польових шпатів та егіриновмісного або синювато-зеленого амфіболу приурочені до меж кварцу й біотиту (рис. 3, 4). Надалі, зі збільшенням інтенсивності процесу лужного метасоматозу, ці новоутворення розростаються. У цьому разі кварц можуть повністю замінювати новоутворені альбіт і мікроклін, частково – егірин, або ж він переходить у наступну зону. Очевидно, це залежить від кількості кварцу і, відповідно, SiO<sub>2</sub>, необхідного для утворення лужних польових шпатів і егірину. Це пояснюють тим, що альбіт, мікроклін і егірин – це більш насичені кремнеземом мінерали, ніж вихідні плагіоклаз і біотит, відповідно. Тому прямих заміщень біотиту егірином не виявлено, утворення егірину приурочені до меж біотиту і кварцу.

Наголосимо, що у Дмитрівці нам вдавалося спостерігати менш лужний піроксен (егірин-саліт) на початкових стадіях процесу обслуговування гранітоїдів. Подібні піроксени – егірин-саліт на початкових стадіях та егірин на завершальних – описано [2] на прояві Березова Гать.

У ході подальшої (інтенсивнішої) фенітизації лужні мінерали стають переважними, реліктові мінерали зазнають заміщення лужними відмінами. Рогову обманку вихідних гранітів на межі з кварцом заміщує синювато-зелений сублужний амфібол, діопсид-генбергіт, егірин-саліт зазнають заміщення егірином, олігоклаз – альбітом. Нам не вдалося простежити зміни мікроклін-пертиту вихідних гранітоїдів. Очевидно, під час фенітизації він зазнає заміщення або перекристалізовується на окремі зерна альбіту й безпертитового мікрокліну.

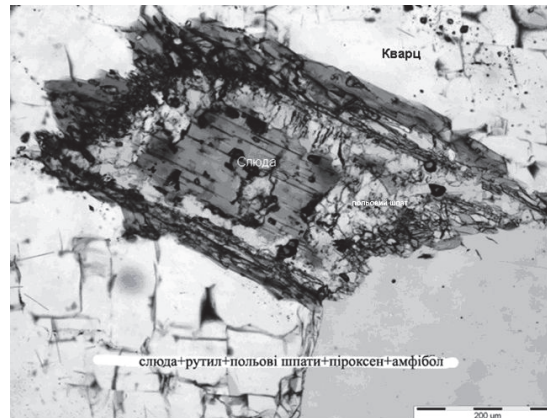


Рис. 3. “Коронарна” структура та головні породоутворювальні мінерали в апокварцитових фенітах балки Тунікова. Між кварцом і флогопітом утворилися лужний амфібол, егірин і калієвий польовий шпат.

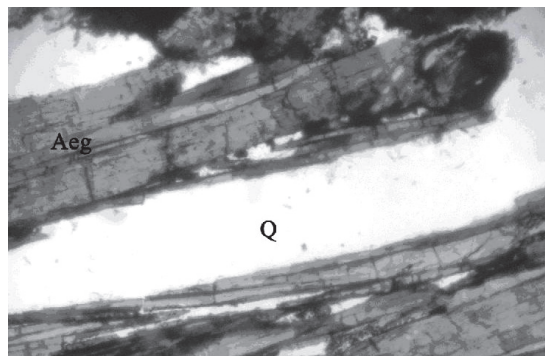


Рис. 4. Апокварцовий метасоматит з егірином (Aeg) і кварцом (Q); без аналізатора,  $\times 40$ .

Досить різноманітні у фенітах форми виділення лужних піроксенів та амфіболів, вони часто надають цим породам своєрідного вигляду, особливо в тих випадках, коли утворюють прожилки, які подекуди взаємно перетинаються.

Дуже часто лужний амфібол кристалізується разом з піроксеном. У шліфах іноді фіксують добре помітні утворені ними мозаїчні структури. Такі структури характерні для вищих стадій фенітизації, коли цей процес уже достатньо змінив вихідну породу.

У зоні фенітизації в кварцитах утворюються самостійні досить потужні (50–100 мм) прожилки лужного амфіболу й егірину. Трапляються окремі майже мономінеральні прожилки піроксенів. Водночас в апокварцитових фенітах їх зонально заміщують калішпат, амфібол і егірин (див. рис. 3).

Певну цікавість становлять піроксени з фенітів Чернігівського масиву, оскільки їхню належність до карбонатитового комплексу доведено. Однак піроксени і, зрештою, амфіболи лужних метасоматитів Дмитрівки й інших ділянок Східного Приазов'я та Чернігівки суттєво відрізняються. Ця відмінність полягає у підвищеному вмісті кальцію й магнію в піроксенах і амфіболах з Чернігівки. Піроксени з метасоматитів Малотерсянського масиву також суттєво відрізняються від піроксенів з фенітів Дмитрівки (передусім за

вмістом  $Fe^{2+}$ ). Деякі дослідники пояснюють таку відмінність різним ерозійним зрізом лужно-ультраосновних масивів УЩ.

На діаграму (див. рис. 2) також нанесено дані щодо піроксенів з порід Октябрського масиву, зважаючи на просторову близькість цих об'єктів і на те, що деякі дослідники вважають феніти Дмитрівки маруполітами. Як бачимо з діаграми, піроксени з порід Октябрського масиву вирізняються підвищеним вмістом заліза й утворюють тренд, що прилягає до сторони геденбергіт–егірин. До них подібні піроксени Малотерсянського масиву.

Такі масиви, як Чернігівський, Антонівський, Проскурівський, вважають глибоко еродованими, і в їхніх магматичних породах, а також фенітах і карбонатитах нема власне лужних фемічних мінералів. Найбільш лужні різновиди піроксену містять не більше 30 % егіринового міналу, а найбільш лужні амфіболи належать до катофориту або рихтериту (Са-На-група амфіболів). Водночас у гіпабісальних лужно-ультраосновних масивах УЩ (Городниця, Глумча, Болярка) піроксени магматичних порід представлені діопсидом, а фенітів – егірином. Є підстави вважати, що феніти Східного Приазов'я також утворилися у верхній частині метасоматичної колони, пов'язані з гіпабісальними (не еродованими) лужно-ультраосновними інтрузіями. Дещо глибший зріз мають карбонатити Хлібодарівки, у них лужні піроксени й амфіболи дещо більш кальцієві, ніж у фенітах Східного Приазов'я [1].

Отже, як ми довели раніше, феніти утворюються по кварцовмісних породах. Такими найчастіше є гранітоїди, іноді кварцити. Головні мінерали фенітів – лужні піроксени й амфіболи. За гіпабісальних умов у фенітах початкових стадій утворюються егіриновмісні піроксени й егірин-саліт. Фемічні мінерали пізніх стадій цього процесу представлені рибекіт-арфведсонітом (у гіпабісальних фаціях) або егірин-салітом, рихтеритом і Са-На-амфіболами (в абісальних фаціях).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривдік С. Г. Типоморфізм мінералів лужно-ультраосновних комплексів Українського щита як індикатор глибинності їх формування / С. Г. Кривдік, О. В. Дубина // Мінерал. журн. – 2005. – № 1. – С. 64–75.
2. Кривдик С. Г. Фениты Березовой Гати / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук // Геол. журн. – 1988. – № 5. – С. 131–140.
3. Моргун В. Особливості мінералогії фенітів Східного Приазов'я / В. Моргун // Мінерал. зб. – 2012. – № 62, вип. 1. – С. 161–167.
4. Петрологические и геофизические особенности щелочных метасоматитов Приазовья и Прибайкалья и их рудоносность / А. Н. Пономаренко, С. Г. Кривдик, В. Г. Моргун [и др.] // Гірнична геологія, геомеханіка і маркшейдерія : 4 міжнар. наук.-техн. конф. : зб. наук. праць. – Донецьк, 2013. – С. 211–236.

*Стаття: надійшла до редакції 13.05.2015  
прийнята до друку 04.09.2015*

## PYROXENES FROM FENITES OF THE EAST-AZOV REGION

V. Morhun

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,  
34, Palladin Av., 03680, Kyiv-142, Ukraine  
E-mail: czeslawgeol@ukr.net*

We researched the pyroxenes from alkaline metasomatites of East-Azov region (Ukrainian Shield) which have been discovered in Kalmius-Yelanchytskyi massif and near Oktyabrskyi and Pivdenokalchytskyi (South Kalchyk) massifs. These alkaline metasomatites are called fenites.

Petrographic and geochemical studies of the rocks, many chemical and microprobe analyses of minerals and rocks, determination of the C, O, Sr isotopic composition of these rocks have been performed during recent years. All this confirms the conclusion that these rocks relate to the fenites. One of the main rock-forming mineral of these metasomatites is alkaline pyroxene (aegirine, aegirine-salite). The composition, forms of existence and paragenesis of alkaline minerals in fenites and other alkaline rocks are characterized in this paper.

As the observations in thin sections shows, at early stages of alkalinity of granitoides, new formed feldspar and aegirine contained or blue-green amphibole confined to the borders of quartz and biotite. Further, with increasing intensity of the process of alkaline metasomatism, these new formations grow. This quartz can completely substituted by albite and microcline, and partly aegirine or move to the next zone. This obviously depends on the amount of quartz and silica necessary for the formation of alkali feldspar and aegirine. This is because the albite, microcline and aegirine are richer in silica than the original plagioclase and biotite, respectively. That's why direct substitution biotite on aegirine is not observed, the formation of the latter is confined to the boundaries of biotite and quartz.

Fenites are formed on quartz-containing rocks. These are often granitoids, sometimes quartzites. The main minerals of fenites – alkali pyroxenes and amphiboles. Aegirine-containing pyroxenes and aegirine-salite are formed at early stages in hypabyssal conditions. Mafic minerals of late stages of this process are presented by riebeckite-arfvedsonite (hypabyssal facies) or aegirine-salite, richterite, and Ca-Na-amphiboles (abyssal facies).

*Key words:* pyroxene, aegirine, aegirine-salite, fenites, alkaline metasomatites, East-Azov region, Ukrainian Shield.

## ПИРОКСЕНЫ ФЕНИТОВ ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ

**В. Моргун**

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н. П. Семененко  
НАН Украины, просп. Палладина, 34, 03680 г. Киев, Украина  
E-mail: czeslawgeol@ukr.net*

Исследовано пироксены из щелочных метасоматитов Восточного Приазовья, обнаруженные в пределах Кальмиус-Еланчикского массива и вблизи Октябрьского и Южно-Кальчикского массивов. Эти метасоматиты трактуют как трещинные образования или как фениты. Выполненные в последние годы петрографические и геохимические исследования пород, химические и микрозондовые анализы минералов и пород, результаты определения в них изотопного состава С, О, Sr подтверждают вывод об их принадлежности к фенитам. Одним из главных породообразующих минералов метасоматитов является щелочной пироксен (эгирин, эгирин-салит). Охарактеризовано состав, формы проявления и парагенезис щелочных минералов в фенитах и других щелочных породах.

*Ключевые слова:* пироксен, эгирин, эгирин-салит, фениты, щелочные метасоматиты, Восточное Приазовье, Украинский щит.