

УДК 549.643.2/.3

**Н.Г. Юрченко**

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: Nadysya88@gmail.com

## ХІМІЧНИЙ СКЛАД АМФІБОЛІВ ІЗ ПОРІД ОРЕОЛА ФЕНІТИЗАЦІЇ ЧЕРНІГІВСЬКОГО КАРБОНАТИТОВОГО МАСИВУ ПРИАЗОВ'Я (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

---

Проаналізовано склад амфіболів із кристалічних порід фундаменту Новополтавської ділянки в межах Чернігівської зони розлому Західного Приазов'я. Означено дві групи амфіболів, перша з яких пов'язана з етапом мігматизації гранулітового комплексу, друга — з формуванням ореола фенітизації навколо карбонатитового масиву, що накладається на першу асоціацію. З етапом мігматизації пов'язані амфіболи кальцієвої підгрупи (магнезіо-горнбленди) із різним рівнем вмісту лугів та витриманим співвідношенням  $K/Na$  та  $Al/Si$ . На етапі фенітизації утворювались амфіболи натрій-кальцієвої підгрупи.

*Ключові слова:* Український щит, Західне Приазов'я, Чернігівський карбонатитовий масив, ореол фенітизації, амфіболи, типохімізм.

**Формулювання проблеми.** Прогнозуванню та пошуку на Українському щиті (УЩ) карбонатитових масивів — комплексного джерела важливих корисних компонентів (заліза, цирконію, ніобію, фосфору, рідкісних елементів тощо), які є базовими для сучасних технологій, дослідники приділяють значну увагу. Особливо важливо це в умовах "закритих" регіонів, з метою виявлення "сліпих" рудоносних об'єктів глибокого залягання за наявності нерегулярної мережі спостережень. У таких умовах необхідно значно підвищувати ефективність оцінювання та доведення приналежності виявлених ознак саме до "карбонатитового" типу. При цьому максимально ефективно рішення очікується на рівні дослідження хімічного складу породоутворювального амфіболу, як наскрізного мінералу порід, що вміщують карбонатитові масиви.

**Мета, задачі та об'єкти дослідження.** Метою роботи є пошук шляхів можливого використання складу амфіболів кристалічних порід, що вміщують лужно-ультраосновний з карбонатитами комплекс порід, для оконтурювання

ореолів впливу флюїдів, що є причиною фенітизації, на вмісні кристалічні та більш ранні інтрузивні породи в Чернігівському карбонатитовому масиві (ЧКМ). Завдання, що вирішено для досягнення мети: шляхом детального петрографічного, мікротектонічного та мінерально-парагенетичного дослідження виявити ознаки метасоматичного перетворення піроксенів та амфіболів із вмісних порід; за допомогою електронно-зондового методу отримати дані щодо однорідності складу амфіболів та впливу на них метасоматизувальних розчинів у межах передбачуваного фенітового ореола. Об'єктами дослідження були амфіболи із вмісної гнейсово-мігматитової товщі (плагіокристалосланці, чорно-ендербіти, плагіо- та двопольовошпатові гранітоїдні мігматити), їх фенітизовані аналоги, феніти сієнітового складу та реакційні утворення в обрамленні карбонатитових жил із Чернігівської зони розлому в Західному Приазов'ї (св. 741-л (X), 834-л (XIII+200), 966 (VI) та 968 (IV) у межах Новополтавської ділянки розвитку ЧКМ).

**Методи дослідження.** Амфіболи вивчали в прозорих шліфах з точки зору петрографічної характеристики порід, мікротектонічного, мі-

нерально-парагенетичного та структурно-генетичного співвідношення мінералів за класичними методиками [9, 11]. Застосування електронно-мікрозондового методу дало змогу визначити склад та ступінь однорідності зерен амфіболів.

Аналізи виконано в лабораторії мінералого-геохімічних досліджень кафедри мінералогії, геохімії та петрографії ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка на РЕММА-202М. Розрахунок кристалохімічних формул амфіболів здійснено за допомогою програми *PROBE-AMPH* [10], що заснована на Міжнародній класифікації В.Е. Leake (1978) [8], номенклатуру амфіболів скореговано відповідно до *IMA Report Nomenclature of the amphibole supergroup* (F.C. Hawthorne et al., 2012) [7].

**Історія питання.** Кристалохімії та структурному типоморфізму амфіболів присвячено наукові праці Chose (1961), Papike, Ross, Clark (1969), Finger (1970), Kitamura, Tokonami (1971), Hawthorne, Grundy (1973), О.Л. Литвина (1973, 1977). Типоморфізм амфіболів із метабазитів УЩ вивчали Г.В. Легкова, В.Л. Бойко, В.С. Монахов та В.О. Стульчиков (1991), оптичні спектри та забарвлення породоутворювальних амфіболів — М.О. Литвин, О.М. Платонов та В.М. Хоменко (1992). Завдяки дослідженням, виконаним С.Г. Кривдіком, В.І. Ткачуком, О.В. Дубиною за період 1990—2009 рр., встановлено, що амфіболи належать до найбільш розповсюджених мінералів у лужних породах і карбонатитах УЩ. Тривалі наукові дослідження довели, що у лужних породах ЧКМ наявна велика кількість різноманітних за складом видів амфіболів, які належать, за класифікаціями [7, 8, 10], до трьох груп: кальцієвої; натрій-кальцієвої та лужної, між якими існують перехідні різновиди, наприклад, натрій-кальцієві амфіболи проміжного складу між еденітом-гастингситом та катофоритом [2]. На думку дослідників, найрозповсюдженими у породах чернігівського карбонатитового комплексу (ЧКК) є магнезіально-залізисті рихтерити, а в апофенітових альбітитах — еденіт-гастингсити. Проте, впровадження в практичну науково-дослідницьку роботу новітньої (2012) класифікації та номенклатури амфіболів [7], а також поява нових аналітичних можливостей, дали змогу доповнити виділені особливості типохімізму амфіболів новими відомостями цього мінералу із ореола фенітизації вмісних порід фундаменту.

**Результати дослідження хімічного складу амфіболів.** Мікрозондове дослідження амфіболів із порід рами в крайовій ділянці зони фенітизації та безпосередньо із лужних сієнітів і приконтартових із карбонатитовими жилами утворень показало, що в карбонатитах [1—4], як і в зразках зі вказаних порід, хімічний склад амфіболів досить не витриманий і у більшості випадків не відповідає стехіометричним формулам. У сусідніх зернах, а іноді в межах одного зерна, виявлені значні коливання вмісту кремнезему, глинозему, кальцію, лугів та відношення заліза до магнію. Використання класифікації В.Е. Leake (1978) [8, 10] не дає змоги однозначно віднести їх до певної номенклатурної позиції навіть у межах конкретних зерен амфіболів, що змінюються від еденіту до гастингситу, паргаситу та магнезійо-горнбленди. Власне на цю класифікацію посилалися усі попередні дослідники [2] для демонстрації широкого номенклатурного спектра амфіболів у породах рами та у фенітах ЧКК.

Застосувавши класифікацію *IMA Subcommittee on Amphibole Classification* (2012) [7], розроблену для амфіболів, що кристалізуються безпосередньо із гомогенних розплавів, автор дійшла висновку щодо значної складності використання її кореневих назв для амфіболів діафоричного, метаморфічного та метасоматичного генезису. Такий висновок базується на тому, що більшість досліджених зразків зі слідами деформації, а також метаморфічних і метасоматичних перетворень, характеризуються змінним складом і на класифікаційних діаграмах потрапляють, як правило, в поля між номенклатурно затвердженими видами мінералів.

Дослідженнями складу амфіболів кристалічних порід фундаменту (гранодіоритів, кристалічних сланців, піроксен-амфіболових мігматитів, апоендербітів тощо), що є вмісними для ЧКК, але знаходяться поза межами зон фенітизації (св. 968 профілю IV), визначено приналежність їх до групи кальцієвих амфіболів — горнбленд. Аналіз співвідношення головних компонент показав, що рівень вмісту в них  $Al^{IV}$  в позиції *T* становить 1—1,5 ф. о. і свідчить про кремнієво-кисле середовище їх кристалізації. Кількість  $Ca^{2+}$  від 1,75 до 2 ф. о. у катіонній групі *B* забезпечує їх віднесення до власне кальцієвої підгрупи амфіболів. Сумарна кількість *Na* і *K* у вакантній позиції *A* цих амфіболів — 0,2—1,0 ф. о., кількісне співвідношення — 2,5:1. Амфіболи, що за показником

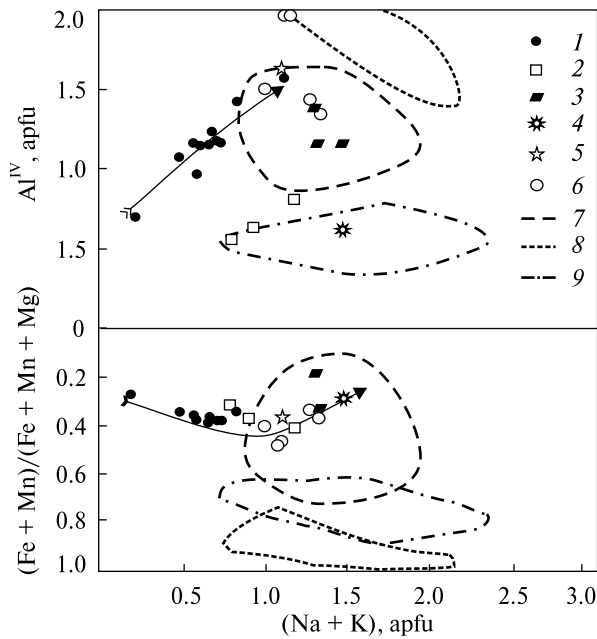


Рис. 1. Діаграма складу амфіболів у координатах  $Al^{IV} - (Na + K) - (Fe + Mn)/(Fe + Mg + Mn)$  — із ореола фенітизації Чернігівського карбонатитового масиву. Позначення 1–6 (рис. 2). Контури площ розповсюдження точок складу амфіболів, за [2]: 7 — Чернігівського масиву, 8 — Октябрського масиву, 9 — Малотерсянського масиву

Fig. 1. The amphiboles composition diagram in  $Al^{IV} - (Na + K) - (Fe + Mn)/(Fe + Mg + Mn)$  coordinate system from fenitization halo of Chernihivka carbonatite massif. The figurative points 1–6 (Fig. 2). Areas outlines of amphiboles composition points distribution by [2]: 7 — Chernihivka massif, 8 — Oktyabrsky massif, 9 — Malotersyansky massif

$A(Na + K + 2Ca)$  можуть бути віднесені до паргаситів, за іншими параметрами складу та співвідношення катіонів  $M$  і  $T$  також відповідають горнблендам, але з підвищеним вмістом  $A(Na, K)$ . Позитивна кореляція між  $Na$  і  $K$  та із вмістом  $Al^{IV}$  свідчить про спільне джерело, а також про подібні умови входження цих елементів у кристалічні ґратки амфіболів. Сумарна кількість  $Fe^{2+}$  та  $Fe^{3+}$  у більшості досліджуваних зерен магнезійо-горнбленду в позиціях  $M1$  та  $M2$  у сумі сягає приблизно 2 ф. о. із співвідношенням  $Fe^{3+} = -0,3062 Fe^{2+} + 1,1746$  при  $R^2 = 0,44$  (де  $R^2$  — достовірність апроксимації) за перевагою  $Mg$  над  $Fe^{2+}$ . Значний вміст  $Fe^{3+}$  у кристалічній ґратці вказує, що амфібол у кристалічних породах є магнезійо-фері-горнблендом, сформованим на етапі мігматизації до становлення ЧКМ. За зовнішнім виглядом та за складом виділено три головні різновиди магнезійо-фері-горнбленд [6]: 1. Майже безбарвний мірмекітоподібний (з пойкилітовими включення-

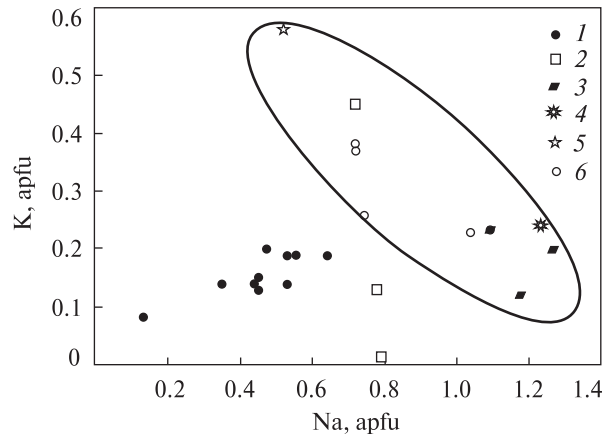
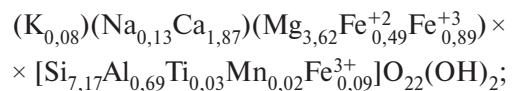


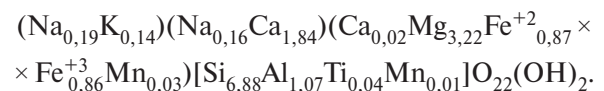
Рис. 2. Діаграма складу амфіболів у координатах  $K—Na$  із ореола фенітизації Чернігівського карбонатитового масиву: 1 — магнезійо-фері-горнбленд; 2 — еденіт; 3 — фері-катофорит; 4 — близький до фері-катофориту; 5 — калі-фері-тараміт; 6 — магнезійо-гастінґсит. Контур об'єднує фігуративні точки амфіболів зони лужного метасоматозу

Fig. 2. The amphiboles composition diagram in  $K—Na$  coordinate system from fenitization halo of Chernihivka carbonatite massif: 1 — magnesio-ferri-hornblende; 2 — edenite; 3 — ferri-cataphorite; 4 — close to ferri-cataphorite; 5 — potassic-ferri-taramite; 6 — magnesio-hastingsite. The outline combines figurative points of amphiboles from alkaline metasomatism zone

ми кварцу та кальциту) трохи блакитнуватий магнезійо-фері-горнбленд. Під час його формування, у порівнянні із заміщуваним авгітдіопсидом, відбувається відносно збагачення кремнеземом, магнієм, із успадкованим дуже низьким вмістом лугів у позиції  $A$ :



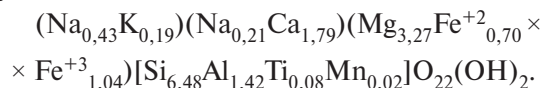
2. Світлий, блакитно-зелений амфібол, що наростає на попередній різновид, а іноді безпосередньо і діопсид-авгіт, у порівнянні з яким відбувається підвищення кількості глинозему та заліза майже удвічі з відповідним пониженням вмісту кальцію. Вміст лугів збільшується внаслідок входження до кристалічної ґратки у позицію  $A$  іонів калію та натрію. Із кристалічної ґратки майже повністю зникає хлор і підвищується ступінь окиснення заліза:



Цей горнбленд спостерігається повсюдно, місцями обростає облямівками більш темно-забарвленого синювато-зеленого амфіболу.

3. Синювато-зелений магнезійо-фері-горнбленд, що утворився шляхом заміщення пер-

винних піроксенів, відповідає перехідним різновидам від магнезіо-фері-горнбленду до паргаситу з відповідною кристалохімічною формулою:



Підвищення в цьому амфіболі вмісту лугів у позиції *A*, заліза в катіонній групі *C* із виносом кальцію та магнію, а також збільшення ролі алюмінію, що заміщує в кристалічній ґратці у позиції *T* кремній, свідчать про єдиний прогресивний напрям доростання попередньої фази новим магнезіо-фері-горнблендом (майже паргаситом), рівноважним в умовах амфі-

болітової фації ультраметаморфізму, за якої відбувалася мігматизація кристалічних порід гранулітового комплексу Західного Приазов'я. При цьому процес заміщення піроксенів амфіболом навіть у сусідніх зернах має різну інтенсивність та локальний характер.

Ближче до карбонатитових жил у амфібол-біотит-піроксенових плагіогнейсах, що складають протоліти серед лужних порід ЧКМ (св. 741-л (X)), виявлені густозабарвлені синювато-зелені амфіболи, віднесені до магнезіо-гастингситу. Вони характеризуються високим вмістом  $\text{Al}^{\text{VI}}$ , заліза, що перевищує кількість магнію, та калію. За особливостями складу подібні до амфіболів вмісних гнейсо-мігматитів у

**Середній склад головних видів кальцієвих та натрій-кальцієвих амфіболів ореола фенітизації Чернігівського карбонатитового масиву, мас. %**

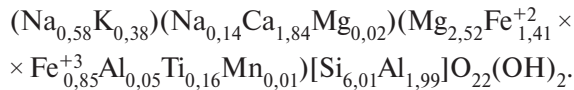
The average composition of calcium and sodium-calcium amphiboles of Chernihivka massif fenitization halo, wt %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	46,98	45,55	50,84	49,16	40,67	45,22	42,86	51,46	46,46	46,99	48,25
TiO <sub>2</sub>	0,79	0,73	0,23	0,05	1,34	1,24	0,60	1,18	1,75	0,31	1,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,11	8,47	3,19	3,59	11,57	7,96	9,68	3,66	6,82	8,40	7,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,49	9,74	0,00	0,00	8,55	11,21	18,28	12,56	7,28	9,34	5,76
FeO	9,25	5,81	10,80	13,39	10,96	5,66	0,00	2,24	7,46	0,12	7,07
MnO	0,29	0,13	0,17	0,08	0,06	0,37	0,54	0,19	0,22	0,21	0,02
MgO	14,11	15,41	12,62	12,88	11,56	14,69	15,31	17,08	15,51	19,90	16,15
CaO	11,66	11,74	19,31	14,91	11,60	9,57	9,47	6,96	10,01	10,63	9,26
Na <sub>2</sub> O	2,00	2,32	2,81	2,70	2,51	3,94	1,87	4,57	3,94	4,38	4,62
K <sub>2</sub> O	1,06	1,07	0,05	0,70	1,99	1,27	3,20	1,35	1,26	0,66	1,11
Cl	0,02	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00
H <sub>2</sub> O	2,09	2,11	2,07	2,00	2,03	2,10	2,10	2,16	2,09	2,16	2,12
<i>Формульні коефіцієнти (арфи або ф. о.)</i>											
Si	6,78	6,48	7,35	7,33	5,99	6,47	6,10	7,15	6,65	6,52	6,83
Al <sup>IV</sup>	1,15	1,42	0,54	0,63	1,99	1,34	1,62	0,60	1,15	1,37	1,17
Al <sup>VI</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,08	0,08	0,02	0,01	0,15	0,13	0,06	0,12	0,19	0,03	0,14
Fe <sup>3+</sup>	0,80	1,04	0,02	0,00	0,95	1,21	1,96	1,31	0,78	0,97	0,61
Fe <sup>2+</sup>	1,09	0,70	1,29	1,67	1,35	0,68	0,00	0,26	0,89	0,01	0,84
Mn	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,07	0,02	0,03	0,02	0,00
Mg	3,06	3,27	2,72	2,86	2,54	3,13	3,25	3,54	3,31	4,11	3,41
Ca	1,80	1,79	2,99	2,38	1,83	1,47	1,44	1,04	1,53	1,58	1,40
Na	0,55	0,64	0,79	0,78	0,72	1,09	0,52	1,23	1,09	1,18	1,27
K	0,19	0,19	0,01	0,13	0,37	0,23	0,58	0,24	0,23	0,12	0,20
Кількість аналізів	16	5	5	4	8	5	2	7	6	9	2

П р и м і т к а. 1, 2 — магнезіо-фері-горнбленд, св. 968 (IV); 3, 4 — еденіт, св. 741-л (X), св. 966; 5, 6 — магнезіо-гастингсит, св. 741-л (X); 7 — калі-фері-тараміт, св. 741-л (X); 8 — фері-катофорит, св. 741-л (X); 9 — проміжний між магнезіо-фері-горнблендом та фері-катофоритом, св. 834-л (XIII+200); 10 — проміжний між магнезіо-гастингситом та фері-катофоритом, св. 834-л (XIII+200); 11 — фері-катофорит, св. 834-л (XIII+200).

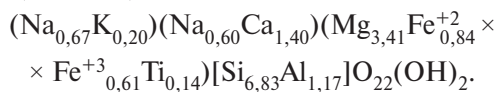
N o t e. 1, 2 — magnesio-ferri-hornblende, bh. 968 (IV); 3, 4 — edenite, bh. 741-л (X), bh. 966; 5, 6 — magnesio-hastingsite, bh. 741-л (X); 7 — potassic-ferri-taramite, bh. 741-л (X); 8 — ferri-catophorite, bh. 741-л (X); the intermediate between magnesio-ferri-hornblende and ferri-catophorite, bh. 834-л (XIII+200); 10 — the intermediate between magnesio-hastingsite and ferri-catophorite, bh. 834-л (XIII+200).

св. 968 (IV), відрізняючись більш залізистим складом вихідних авгітів та геденбергітів [5] (рис. 1):



Цій групі амфіболів притаманне майже повне закриття натрієм та калієм вакантної катіонної позиції *A* за рахунок максимального збільшення вмісту натрію, а також двократно-го підвищення кількості калію, що відбувалося у два етапи — у ході мігматизації та фенітизації (рис. 1, 2).

В альбітових фенітах зелені амфіболи альбітитів та біотит-амфібол-піроксенових утворень у безпосередній близькості до карбонатитових жил (св. 741-л (X), 834-л (XIII+200)) за рівнем натрію в позиціях *A* та *M4* наближені до фері-катофориту або калі-фері-тараміту і розрізняються між собою за вмістом  $\text{Al}^{\text{IV}}$ , K, Ti та  $\text{Fe}^{+3}$  (таблиця):



Особливістю переходу кальцієвих амфіболів у розряд натрій-кальцієвих є відносно збільшення в їх складі натрію в позиціях *A* і *M4*, а співвідношення заліза та магнію визначає номенклатурну назву амфіболу. За наявності алюмінію в катіонних групах *T* і *C*, або за його відсутності, амфіболи можуть бути віднесені до тараміту, катофориту, або рихтериту за умови недосичення кальцієм позиції *M4* і високого вмісту лугів, що компенсують наповнення ними групи *B* та вакансії в позиції *A*. За нестачі лугів, коли решта умов не змінюються, вони переходять у баруазит-вінчитову асоціацію. Така нестійкість номенклатурної ознаки того чи іншого амфіболу, навіть у межах одного або сусідніх зерен у метасоматично змінених породах, призводить до неоднозначної оцінки результату аналітичних досліджень. Тому автор пропонує у процесі дослідження метасоматично змінених амфіболів у фенітових ореолах не виділяти окремі номенклатурні (рихтерит, ка-

тофорит, баруазит тощо) назви мінералів, а об'єднувати їх у цілому на рівні підгрупи натрій-кальцієвих амфіболів. За такого підходу власне наявність у породах натрій-кальцієвих амфіболів є найважливішою діагностичною ознакою охоплення порід ореолом фенітизації.

**Висновки.** Аналіз отриманої петрографічної та аналітичної інформації свідчить: 1. Ознакою приналежності амфіболів до ореола фенітизації є віднесення їх до підкласу натрій-кальцієвих амфіболів. Інтенсивність змінення їх складу внаслідок фенітизації не однакова і, можливо, пропорційна характеру та ступеню міжзернової тріщинуватості порід фундаменту під час проникнення в них метасоматизувальних розчинів у процесі становлення карбонатитового комплексу.

2. Припускається, що амфіболи протолітів кристалізувалися в умовах високотемпературної амфіболітової фації метаморфізму, а за складом відповідали магнезію-фері-горнбленду. Вони формувалися за рахунок перекристалізації первинних піроксенів відповідно до режиму метаморфізму, що спричинив коливання їхнього складу або в різних ділянках порід, або в межах конкретних зерен. Тому можна вважати, що більшість досліджених реліктових амфіболів із кристалічних порід фундаменту Новополтавської ділянки Чернігівської тектонічної зони, в межах якої інтродував карбонатитовий комплекс, є похідними більш раннього етапу мігматизації піроксенових та піроксенвмісних порід.

3. У процесі фенітизації за рахунок одночасного збільшення їхньої калієвості та натрієвості досліджені мінерали були перетворені у калієденіти, магнезію-гастингсити та амфіболи, перехідні до фері-катофоритів. У межах ореола фенітизації в протолітах можуть зберігатися ділянки майже незмінених порід із реліктовим "метаморфічним" амфіболом. Максимальне олуговування амфіболів у фенітовому ореолі, як правило, не перевищує рівня фері-катофориту.

*Автор щиро вдячна докт. геол. наук С.Є. Шнюкову та докт. геол.-мінерал. наук С.Г. Кривдіку за надані для дослідження зразки порід та цінні поради стосовно дослідження складу амфіболів.*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кривдік С.Г., Дубина О.В. Типохімізм мінералів лужно-ультраосновних комплексів Українського щита як індикатор глибини їх формування // Мінерал. журн. — 2005. — 27, № 1. — С. 64—76.
2. Кривдік С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1990. — 408 с.
3. Легкова Г.В. Амфиболы Черниговского карбонатитового комплекса и их генезис по результатам электронно-зондового исследования : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Ин-т геохимии и физики минералов АН УССР. — Киев, 1985. — 24 с.

4. Литвин М.О., Платонов О.М., Хоменко В.М. Оптические спектры и окраска породообразующих амфиболов. — Киев : Наук. думка, 1992. — 183 с.
5. Юрченко Н., Шнюков С., Павлов Г. Нові дані щодо хімічного складу піроксенів з фенітів Чернігівського карбонатитового масиву (Західне Приазов'я, Український щит) // Мінерал. зб. — 2015. — № 65, вип. 1. — С. 84—94.
6. Юрченко Н.Г. Особенности номенклатуры амфиболов из пород протолитов у ореоли фенитизации Черниговского карбонатитового масиву Приазов'я (Український щит) // Міжнар. наук. конф. "Метасоматизм та рудоутворення" : Тези допов. (ННІ "Інститут геології" Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка, 5—7 жовт. 2016 р.). — К., 2016. — С. 76—77.
7. Hawthorne F.C., Oberti R., Harlow G.E., Maresch W.V., Martin R.F., Schumacher J.C., Welch M.D. Nomenclature of the amphibole supergroup // *Amer. Miner.* — 2012. — **97**. — P. 2031—2048. — doi: 10.2138/am.2012.4276
8. Leake B.E. Nomenclature of amphiboles // *Miner. Mag.* — 1978. — **42**, No 324. — P. 533—563. — doi: 10.1180/minmag.1978.042.324.21
9. Passchier C., Trouw R. *Microtectonics*. — New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. — 290 p.
10. Tindle A.G., Webb P.C. PROBE-AMPH a spreadsheet program to classify microprobe-derived amphibole analyses // *Computers & Geosciences*. — 1994. — **20**, Is. 7—8. — P. 1201—1228. — doi: 10.1016/0098-3004(94)90071-X
11. Vernon R.H., Clarke G.L. *Principles of Metamorphic Petrology*. — Cambridge : Cambr. Univ. Press, 2008. — 446 p.

Надійшла 12.10.2016

## REFERENCES

1. Kryvdik, S.G. and Dubyna, O.V. (2005), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 27, No 1, Kyiv, UA, pp. 64-76.
2. Kryvdik, S.G. and Tkachuk, V.I. (1990), *Petrologiya schelochnyh porod Ukrainkogo shchita*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 408 p.
3. Legkova, G.V. (1985), *Amfiboly Chernigovskogo karbonatitovogo kompleksa i ih genesis po rezul'tatam elektronno-zondovogo issledovaniya*, Abstract of PhD dissertation, In-t geohimii i fiziki mineralov AN USSR, Kyiv, UA, 24 p.
4. Litvin, M.O., Platonov, O.M. and Khomenko, V.M. (1992), *Opticheskie spektry i okraska porodoobrazuyushchih amfibolov*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 183 p.
5. Yurchenko, N., Shnyukov, S. and Pavlov, H. (2015), *Mineral. zb.*, No 65, Vyp. 1, L'viv, UA, pp. 84-94.
6. Yurchenko, N.G. (2016), *Mizhnar. nauk. konf. "Metasomatyzm ta rudoutvorenniya"*, Taras Shevchenko Kyiv Nat. Univ., NNI "Institute of geology", 5-7 zhovt. 2016, Kyiv, UA, pp. 76-77.
7. Hawthorne, F.C., Oberti, R., Harlow, G.E., Maresch, W.V., Martin, R.F., Schumacher, J.C. and Welch, M.D. (2012), *Amer. Miner.*, Vol. 97, pp. 2031-2048, doi: 10.2138/am.2012.4276
8. Leake, B.E. (1978), *Miner. Mag.*, Vol. 42, No 324, pp. 533-563, doi: 10.1180/minmag.1978.042.324.21
9. Passchier, C. and Trouw, R. (1996), *Microtectonics*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 290 p.
10. Tindle, A.G. and Webb, P.C. (1994), *Computers & Geosciences*, Vol. 20, Is. 7-8, pp. 1201-1228, doi: 10.1016/0098-3004(94)90071-X
11. Vernon, R.H. and Clarke, G.L. (2008), *Principles of Metamorphic Petrology*, Cambr. Univ. Press, Cambridge, UK, 446 p.

Received 12.10.2016

Н.Г. Юрченко

Інститут геохімії, мінералогії і рудообрання  
ім. Н.П. Семененко НАН України  
03680, г. Київ-142, Україна, пр-т Акад. Палладина, 34  
E-mail: Nadysya88@gmail.com

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АМФИБОЛОВ  
ИЗ ПОРОД ОРЕОЛА ФЕНИТИЗАЦИИ ЧЕРНИГОВСКОГО  
КАРБОНАТИТОВОГО МАССИВА ПРИАЗОВЬЯ (УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

Проанализирован состав амфиболов из кристаллических пород фундамента Новополтавского участка в пределах Черниговской разломной зоны Западного Приазовья. Обозначено две группы амфиболов: первая связана с этапом мигматизации гранулитового комплекса, вторая — с формированием ореола фенитизации вокруг карбонатитового массива, который накладывается на первую ассоциацию. С этапом мигматизации связаны амфиболы кальциевой группы (магнезио-горнбленд) с разным уровнем содержания щелочей и выдержанным соотношением К/Na и Al/Si. Этап фенитизации сопровождался амфиболами натрий-кальциевой подгруппы.

**Ключевые слова:** Украинский щит, Западное Приазовье, Черниговский карбонатитовый массив, ореол фенитизации, амфибол, типохимизм.

*N.G. Yurchenko*

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,  
Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Av., Kyiv-142, Ukraine, 03680  
E-mail: Nadysya88@gmail.com

THE CHEMICAL COMPOSITION OF AMPHIBOLES  
FROM FENITIZATION HALO ROCKS OF CHERNIHIVKA  
CARBONATITE MASSIF OF AZOV REGION (THE UKRAINIAN SHIELD)

Amphiboles composition from crystalline rocks of Novopoltavska area basement within Chernihivka fault zone (West Azov region), that contain Chernihivka massif of alkaline ultrabasic rocks and carbonatites (fenites, syenites, micaceous ultrabasites, carbonatites) etc., has been analyzed. Two groups of amphiboles have been found in these rocks: the first, more ancient group is associated with the migmatization stage of granulite complex; the second, younger one — with the fenitization halo formation around the carbonatite massif. The calcium subgroup amphiboles belong to the migmatization stage (magnesio-hornblende). The sodium-calcium subgroup amphiboles are typical of the fenitization stage. The direction of basement rocks mineral composition change depends primarily on migmatization process character and enderbite (plagiogranulite) complex granitization intensity, which precede the Chernihivka deep-seated fault inception and the alkaline-ultrabasic linear massif with carbonatites and fenitization halo formation within it. The migmatization stage is characterized by magnesio-hornblende and edenite formation associated with biotite in rocks, and potassic-bearing varieties of these amphiboles within intensive feldspathization places. Sodium varieties of calcium amphiboles with gradual transformation into sodium-calcium (catophorite, taramite) dominate in fenite halo.

*Keywords:* Ukrainian Shield, West Azov region, Chernihivka carbonatite massif, fenite halos, amphiboles, typochemism.