

УДК 552.33 (477)

ЗАЛІЗИСТИЙ ТРЕНД ЕВОЛЮЦІЇ НОВОУКРАЇНСЬКОГО МАСИВУ ІНТРУЗИВНИХ ЧАРНОКІТІВ (ЦЕНТРАЛЬНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

Коновал Н. М., Кривдік С. Г., Вишневський О. А.
(Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення
ім. М. П. Семененко НАН України, м. Київ)

По результатам исследований авторов в интрузивных чарнокитах Новоукраинского массива обнаружен железистый тренд эволюции, подобный такому (с некоторыми отличиями минеральных парагенезисов) в анортозит-рапакивигранитных плутонах.

According to the results of our investigations, it was first shown, that in Novoukrainka granites the evolution trend of enrichment in iron is clearly displayed. It is similar to ones in many differentiated intrusions as well as in anorthosite-rapakivi granite plutons.

Вступ. Новоукраїнський масив гранітів давно відомий як приклад інтрузивних чарнокітів, які залягають серед гнейсів і гранітів амфіболітової фації метаморфізму. Інтрузивні чарнокітоїди складають значну частину Букинського масиву, а деякі дослідники вважають, що чарнокітоїди (переважно ендербіти) Хлібодарівського комплексу в Приазов'ї також належать до інтрузивних утворень і відносяться до т.з. чарнокітоїдів зон глибинних розломів [1, 2]. Більшість відомих чарнокітоїдів Українського щита (УЩ) вважаються матаморфогенними породами (Дністровсько-Бузький і Приазовський мегаблоки) [3]) і за мінеральним і хімічним складом є досить відмінними від інтрузивних чарнокітів Новоукраїнського масиву, який розглядається в цій статті. Давно вже було виявлено, що значна частина цих чарнокітів характери-

зується наявністю високозалізного ортопіроксену (евліту) в парагенезисі з альмандиновим гранатом та титанистим біотитом підвищеної залізистості. В окремих зразках чарнокітів відзначався фаяліт [4, 5].

У результаті наших останніх досліджень гранітоїдів Новоукраїнського масиву було виявлено позитивну кореляцію між залізистістю фемічних мінералів (біотит, ортопіроксен, гранат). Крім того серед чарнокітів Адабаського кар'єру було виявлено різновиди з фаялітом (продуктами його заміщення) в парагенезисі з альмандином та біотитом з найвищою для цього масиву залізистістю. В цій породі наявний ільменіт з високим вмістом ніобію (0,74-1,1 Nb₂O₅). Ці дані та результати попередніх досліджень дозволяють стверджувати, що в процесі еволюції Новоукраїнського масиву досить виразно проявився залізистий тренд, подібний до такого в багатьох диференційованих інтрузіях, а також в анортит-рапаківігранітних плутонах. Від монцонітів до гранітів зростає залізистість всіх фемічних мінералів. Паралельно з цим зростає вміст калію і, відповідно, збільшується вміст калішпату в породах.

Коротка характеристика фаялітвмісного чарнокіту. Ця порода розкрита діючим Адабаським кар'єром, чарнокіти з якого вивчалися також попередніми дослідниками. Досліджуваний нами чарнокіт з Адабаського кар'єру в генетичному аспекті виявився дуже цікавим і, тому даємо окремий опис. Він являє собою середньо-крупнозернисту масивну породу зеленувато-сірого забарвлення з макроскопічно видимим рожевим гранатом та лусочками буруватого біотиту. В шліфах та протолочних пробах спостерігалися псевдоморфози мінералу групи ідингсит-боулінгіту по фаяліту. Ці псевдоморфози були проаналізовані мікрозондом. Наскільки нам відомо, це перші в Україні аналізи цього мінералу. Як показують ці аналізи, первинний мінерал – фаяліт був високозалізистим (f ідингситу від 97 %). В літературі [4, 5] вказувалося на наявність фаяліту з залізистістю 92–95,5 %, проте аналізів цього мінералу не наводилося. Нам не вдалося виявити реліктів незаміщеного фаяліту, а також і ортопіроксену в породі, хоча в літературі згадувався такий парагенезис.

Досліджуваний чарнокіт з Адабаського кар'єру з заміщеним фаялітом і найбільш високозалізистими іншими фемічними мінералами (біотит, гранат) має гранітний склад і практично ідентичний за хімічним складом рапаківі-гранітам [6] (див. табл. 1).

Таблиця 1

Хімічні аналізи (мас. %) чарнокітоїдів Новоукраїнського масиву та деяких рапаківі гранітів

№ п.п.	1	2	3	4	5
	4К-37	5К-44	4К-40	103	104
SiO ₂	62,06	70,43	69,99	70,17	69,49
TiO ₂	0,43	0,45	0,53	0,45	0,44
Al ₂ O ₃	16,91	13,13	13,17	13,39	13,63
Fe ₂ O ₃	0,88	0,17	0,24	0,84	0,82
FeO	6,40	3,43	2,79	3,66	3,37
MnO	0,11	0,02	0,02	0,04	0,05
MgO	0,77	0,52	1,03	0,29	0,55
CaO	3,70	1,84	1,98	1,54	1,71
Na ₂ O	4,55	2,74	3,00	3,34	3,43
K ₂ O	2,40	5,62	5,82	5,5	5,31
P ₂ O ₅	0,28	0,19	0,22	0,07	0,1
H ₂ O-	0,04	0,02	0,01	0,11	0,16
В.п.п.	0,88	0,52	0,74	0,52	0,73
Сума	99,41	99,11	99,53	99,29	98,9

Примітки: 1 – кварцовий монцоніт з ортопіроксеном, гранатом і біотитом (чарнокіт), південна окраїна с. Михайлівка, кар'єр Елгран; 2 – фаялітвмісний гранат-біотитовий граніт (чарнокіт), с. Войновка, Адабаський кар'єр; 3 – чарнокіт біотит-ортопіроксен-гранатовий, південна окраїна с. Михайлівка, кар'єр Елгран; 4 – зеленувато-темно-сірий рапаківі, с. Українка, кар'єр [6]; 5 – рапаківі Коростенського плутону (середнє із 6 аналізів) [6].

Мікрозондовим аналізом (скан) досліджувалися біотит, гранат, плагіоклаз, ортоклаз, ільменіт, монацит, був зафіксований також магнетит. Згідно з цими аналізами та петрографічними дослідженнями, лужний польовий шпат у кіровоградських гранітах представлений переважно мікрокліном, а в антипертитових вростках в плагіоклазі калішпат оптично гомогенний і належить до ортоклазу. Самостійні виділення калішпату в новоукраїнських

гранітах представлені ортоклазом (ділянками порівно) або з переважанням мікрокліну.

Фаяліт, як згадувалося вище, повністю псевдоморфно заміщений мінералами групи ідингсит-боулінгіту, мікросондові аналізи яких наведено в таблиці 2. Отримані результати аналізу цього ідингситу-боулінгіту подібні до таких в довіднику У. А. Дира зі співавторами [7]. Ортопіроксен у породі не вдалося виявити і, можна вважати, що він відсутній. Цей мінерал вивчався нами і попередніми дослідниками і коротка його характеристика наводиться нижче.

Таблиця 2
Мікросондові аналізи продуктів заміщення фаяліту (мінерали групи ідингсит-боулінгіту), мас. %

№ зр Точка	5К-44		
	1	2	8
SiO ₂	50,24	53,28	51,24
Al ₂ O ₃	5,47	4,30	4,79
FeO	40,18	39,80	41,33
MgO	1,74	1,23	1,29
CaO	1,82	1,39	1,35
Na ₂ O	0,54	-	-
Fe/(Fe+Mg)·100	95,85	97,00	96,97

Примітка: чарнокітоїди, з яких аналізувалися продукти заміщення фаяліту: 5К-44 (див. табл. 1) – інтрузивні гранат-біотитові чарнокітоїди гранітного складу з псевдоморфозами по фаяліту, Адабаський кар'єр, с. Войнівка.

Біотит, як це властиво чарнокітоїдам, характеризувався високим вмістом титану (до 4,7 % TiO₂). Проте залізистість біотиту фаялітвмісного граніту виявилася найвищою (до 76,5 %) порівняно з біотитами, аналізи яких опублікувалися попередніми дослідниками (максимально 73,9 %). Відзначимо, що така висока залізистість (77 %) підтверджується даними хімічного аналізу концентрату цього мінералу, опублікованими нами раніше [8]. Висока залізистість інших фемічних мінералів (у даному випадку гранату і фаяліту) позитивно корелює з високою залізистістю біотиту, тобто чітко проявляється залізистий тренд (рис. 1). Згідно з наяв-

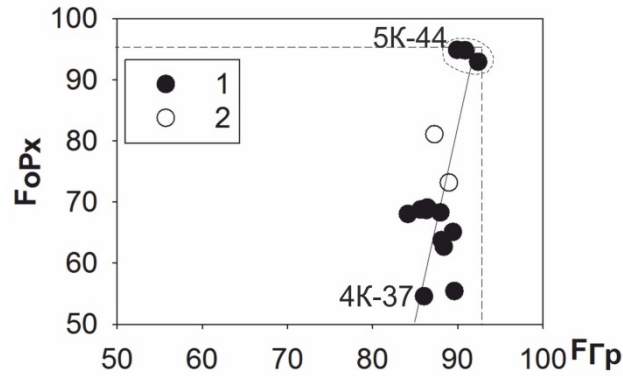
ною залежністю між залізистістю існуючих мінералів – біотит-ортопіроксен, гранат-ортопіроксен, – в новоукраїнських чарнокітах, залізистість можливого ортопіроксену в досліджуваному нами фаялітвмісному чарнокіті повинна досягати 95-98 %, що значно вище від відомих в літературі (82 %) [5]. Як відомо з діаграми FeO-MgO-SiO₂ і згідно з реакційним принципом, в залізистій області кристалізація ортопіроксену (евліту) закінчується і замість нього утворюється фаяліт (рис. 2) [9, 10, 11, 12]. Це простежується в природніх габро-монзоніт-гранітних асоціаціях (наприклад, в Південно-Кальчицькому масиві, а також в Коростенському і Корсунь-Новомиргородському плутонах). Отже, в гранітних системах з крайньо залізистими фаялітами сильно залізистий ортопіроксен не кристалізується взагалі або ж його залізистість не піднімається вище 85-90 %, тобто він може бути евлітового складу, як це спостерігається в деяких чарнокітах Новоукраїнського масиву або Хлібодарівського комплексу Приазов'я [3].

Біотит з фаялітвмісного граніту характеризується помірною глиноземістістю (рис. 3), в інших зразках чарнокітів Новоукраїнського масиву відзначилися також досить низькоглиноземисті (до 12,4 % Al₂O₃), проте більш магнезіальні біотити (11,19 % MgO).

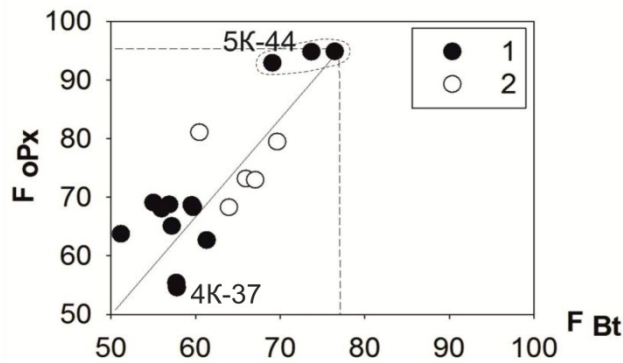
Гранат в досліджуваних породах належить до альмандину з низьким вмістом марганцю і дещо підвищеним – кальцію (до 2,2 % CaO) і за хімічним складом є практично ідентичним до раніше опублікованого гранату з ортопіроксен- і фаялітвмісного чарнокіт-монзоніту (за термінологією О. М. Голуб [13, 4]) із Воїнівського кар'єру Новоукраїнського масиву.

З інших мінералів фаялітвмісного чарнокіту найбільш цікавим є ільменіт, який має стехіометричний склад (FeTiO₃), але в ньому виявлено високий, як для такого типу порід, вміст ніобію (0,60-1,10 % Nb₂O₅).

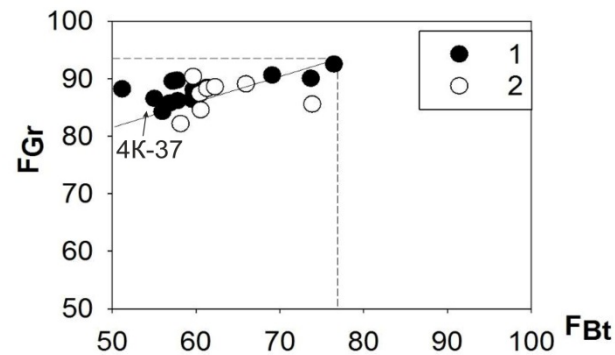
Аналізувався монацит, який за вмістом ThO₂ (від 0,0 до 7,1 %) виявився досить неоднорідним. Відзначимо, що в інших зразках чарнокітів Новоукраїнського масиву було визначено (одночасно) вміст ThO₂ від 0,0 до 13,3 %. Спектр визначених рідкісних земель (діагностованих сканом) типовий для монациту.



а



б



в

1-2 – фемічні мінерали: 1 – з авторської колекції (4К-37 – гранат-ортопіроксен-кварцовий монцоніт), 2 – літературних даних. У пунктирному полі на продовженні лінії кореляції залізистості пар мінералів гранат-ортопіроксен та біотит-ортопіроксен нанесено гіпотетичну залізистість ортопіроксену в фаялітвмісному граніті зразка 5К-44.

Рис. 1. Діаграми співвідношення залізистості фемічних мінералів чарнокітоїдів (Адабаський кар'єр) у парагенезисах гранат – ортопіроксен (а), біотит – ортопіроксен (б), біотит – гранат (в)

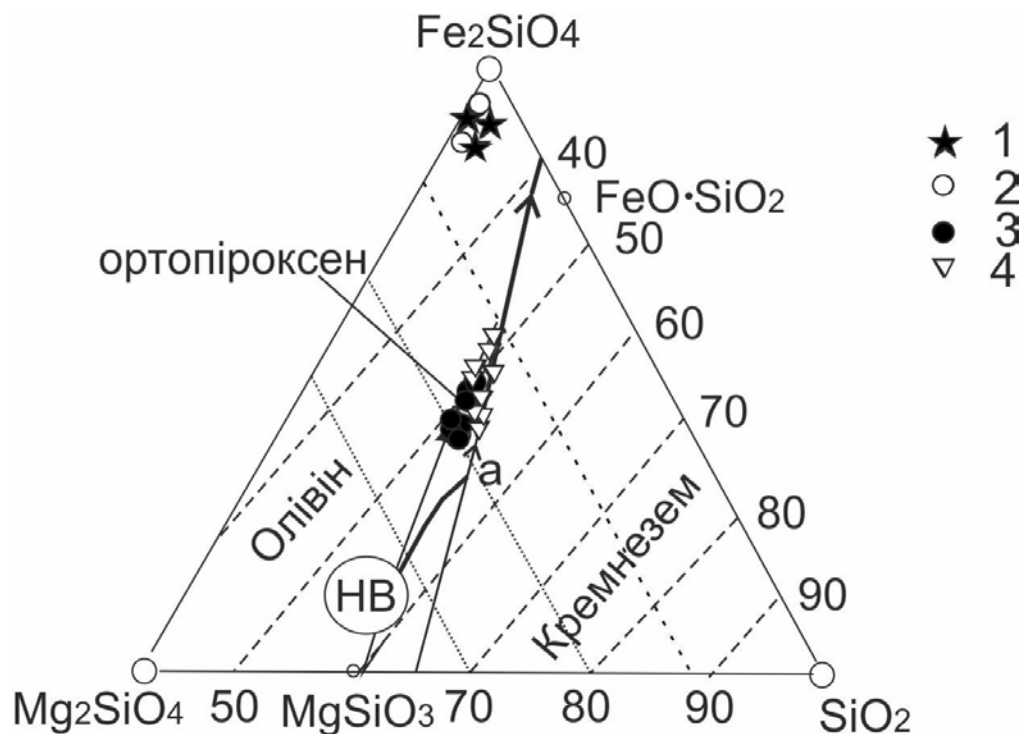
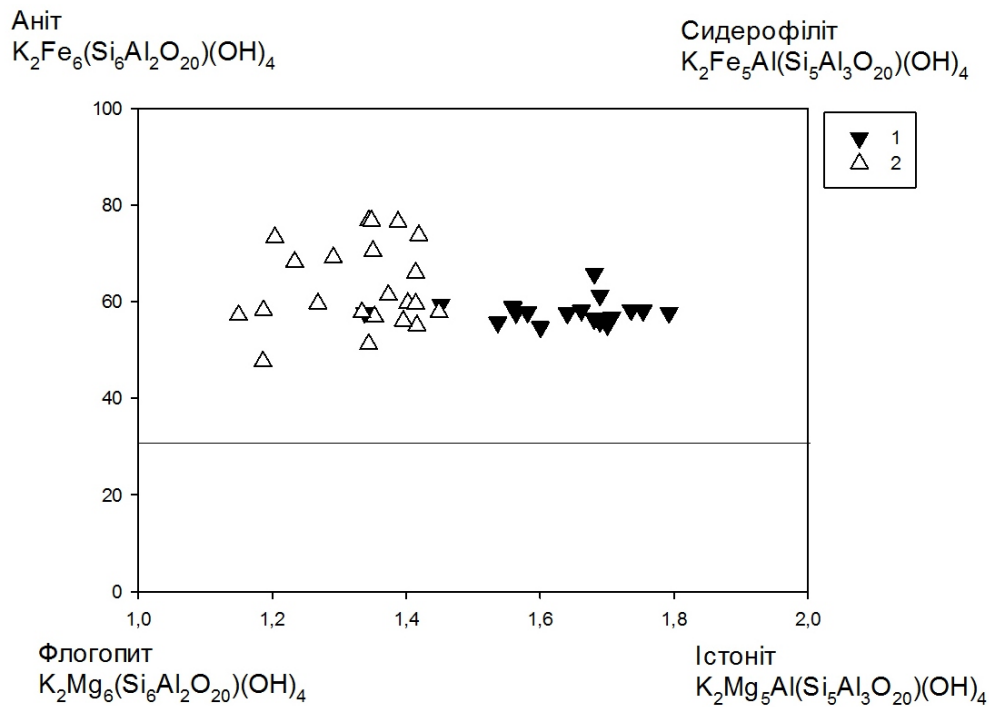


Рис. 2. Діаграма Mg_2SiO_4 - Fe_2SiO_4 - SiO_2 , яка ілюструє реакційні співвідношення під час кристалізації з ліквідусними фазами піроксену (за Осборном (1962) з деякими доповненнями [10])

Пояснення до рисунку 2. Кругом з надписом НВ показаний склад гаплобазальту. Жирна лінія, що відходить від цього кружка вправо – напрямок зміни складу початкового гаплобазальтового розплаву в процесі його фракційної кристалізації. Пунктир – лінії рівних вмістів SiO_2 .

Умовні позначення: псевдоморфози по фаяліту з авторської колекції (1) та фаяліт з літературних даних (2), ортопіроксен з авторської колекції (3) та літературних даних (4).

Завершуючи коротку характеристику мінералів чарнокітів Новоукраїнського масиву відзначимо, що найбільш магнезіальні мінерали (біотити, ортопіроксени) виявлено в зеленувато-сірих (більш ранніх) різновидах цих порід у кар'єрі Елгран, а найбільш залізисті – в Адабаському кар'єрі (див. рис. 1). За хімічним складом ці породи відповідають кварцовому монцоніту та граніту відповідно (див. табл. 1, ан. 1-2).



1 – кіровоградські; 2 – новоукраїнські. Дані авторські.

Рис. 3. Діаграма мінального складу біотитів

Очевидно, що більш магнезіальні парагенезиси можна очікувати в деяких чарнокітах Новоукраїнського району (р.Велика Корабельна, с.Тимофіївка), де було зафіксовано найбільш магнезіальний гранат (5,54 % MgO) з порід Новоукраїнського району [4]. Загалом же, чарнокіти і біотит-гранатові граніти Новоукраїнського масиву вирізняються серед інших чарнокітоїдів (в т.ч. інтрузивних) УЩ найбільш залізистими фемічними мінералами, серед яких виявлено і такі їхні крайньо залізисті відміни, як залізистий евліт та фаяліт. Щось подібне спостерігається в чарнокітах Хлібодарівського кар'єру в Приазов'ї, серед яких виявлено різновиди з евлітом та фаялітом, але в них відсутній гранат [3].

Обговорення результатів і висновки

Високозалізистий характер плагіоклаз-калішпатових гранітоїдів, інтрузивних чарнокітів Новоукраїнського масиву, особливо наявність в деяких з них фаяліту та присутність в цьому масиві основних порід і монзонітів було підставою для порівняння цього масиву з Коростенським і Корсунь-Новомиргородським плутоном [14].

У Новоукраїнському масиві основні породи входять до складу так званої габро-монцонітової формації. Серед них переважають різновиди габроноритів: власне габронорити, норити, лейкогабронорити, кварцвмісні і калішпатові габронорити, монцогабронорити, монцодіорити [14]. Основні породи переважно лейкократові: кількість темноколірних мінералів рідко перевищує 35 %. Структура порід – панідіоморфнозерниста з однаковим ідіоморфізмом плагіоклазу і піроксенів, пойкилітова – ідіоморфні кристали піроксенів у таблицях плагіоклазу. Піроксени високозалізисті, такі ж як у кислих породах: ортопіроксен, $f = 78\text{--}87\%$, клінопіроксен, $f = 56\%$ [14]. Ортопіроксен помітно плеохроює. Нерідко він оточений облямівкою кумінгтоніту. Біотит червонувато-бурий, забарвлення середньої інтенсивності; нерідко утворює облямівки навколо рудного мінералу. Рідко трапляється жовто-зелена рогова обманка. Плагіоклаз № 50, антипертитовий. Вміст ільменіту досягає 5 %. У центрі деяких тіл виявлено залізистий олівін.

Як відомо, фаяліт трапляється в деяких різновидах гранітів рапаківі та монцонітах. Крім того ці граніти, як і інтрузивні граніти Новоукраїнського масиву, мають подібні співвідношення калішпату і плагіоклазу, а також залізистий біотит. Проте в гранітах рапаківі відсутній гранат, а також достовірно не підтверджено наявності евліту чи феросиліту. Залізистий піжоніт відзначався в монцонітах Салмінського масиву та є згадки про ортопіроксен в гранітах Корсунь-Новомиргородського плутону. Натомість в гранітах рапаківі трапляється високозалізистий клінопіроксен (фероавгіт). В Коростенських гранітах біотити є ще більш залізисті (до 90-96 %), але менш титанисті, ніж у новоукраїнських гранітах. Зрештою в новоукраїнських чарнокітах ортопіроксен зникає з появою високозалізистого фаяліту.

Разом з тим в гранітах Коростенського плутону ільменіт, як і в досліджуваних інтрузивних чарнокітах з евлітом і фаялітом Новоукраїнського масиву збагачений ніобієм (до 1,1 Nb₂O₅ %) [15, 16].

Наявність гранату в новоукраїнських гранітах пояснюються підвищеним тиском їх формування [16] порівняно з гранітами рапаківі. Новоукраїнський масив є значно еродованим. Якщо

вважати Корсунь-Новомиргородський плутон одним з найглибше еродованих порівняно з іншими подібними плутонами анортозит-рапаківігранітної формації [17], то Новоукраїнський масив зазнав ще більшої ерозії. Він древніший (2,0 млрд р.) від Корсунь-Новомиргородського плутону (1,8 млрд р.), а жильні породи останнього (фаялітові сієніти в районі Великої і Малої Виски [18]) перетинають граніти Новоукраїнського масиву.

Таким чином, ми маємо подібні, хоча зі значними відмінностями мінеральних парагенезисів, залізистий тренд еволюції анортозит-рапаківігранітних плутонів та інтрузивних чарнокітів Новоукраїнського масиву. При цьому відбувається як кристалізація крайньо та високо залізистих мінералів (евліт, фаяліт, аніт), так і концентрування несумісних елементів-домішок (Nb, TR, Y), які можуть утворювати власні мінерали (монацит) або входити до складу апатиту та ільменіту. Такі ж високозалізисті мінерали відзначались в т.з. чарнокітах глибинних зон розломів в Антарктиді [19].

Подібними є фізико-хімічні умови формування порівнюваних гранітоїдів. Вони належать переважно до ільменітового типу і формувалися в досить відновних і “сухих” щодо води умовах. Хоча існують погляди щодо порівняно низькобарного характеру чарнокітоїдів Новоукраїнського масиву [2, 4], проте розрахунки тиску за евліт-фаялітовим геотермометром [20] оцінюється в $4,6 \cdot 10^8$ Па, що може свідчити про глибину формування цього масиву не менше 13 км. Абісальні умови кристалізації були одною з причин низької фугітивності кисню і, як наслідок, незначної окислюваності заліза і утворення високо залізистих фемічних мінералів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Есипчук К. Е., Орса В. И., Щербаков И. Б. и др. Гранитоиды Украинского щита: петрохимия, геохимия, рудоносность (справочник). Киев : Наук. думка, 1993. — 228 с.
2. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита / Есипчук К. Е., Шеремет Е. М., Зин-

- ченко О. В. и др. — АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. — Киев : Наук. думка, 1979. — 228 с.
3. Кривдік С. Г., Кравченко Г. Л., Томурко Л. Л. та ін. Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. Киев : Наук. думка, 2011. — 220с.
 4. Пороодообразующие гранаты Украинского щита / Усенко И. С., Белевцев Р. Я., Щербакова Т. Г. и др. — Киев : Наук. думка, 1980. — 176 с.
 5. Пороодообразующие пироксены Украинского щита / Вендиктов В. М., Глевасский Е. Б., Голуб Е. Н. и др. — Киев : Наук. думка, 1979. — 228 с.
 6. Личак И. Л. Петрология Коростенского плутона. Киев : Наук. думка, 1983. — 248 с.
 7. Дир Х. А., Хауи Р. А., Зусман Д. Х. и др. Пороодообразующие минералы. М.: Мир. — 1965. — Т. 2. — 405 с.
 8. Кривдік С. Г., Коновал Н. М. Біотити гранітів кіровоградського і новоукраїнського комплексів (Центральна частина УЩ) // Геол.журн. — 2011. — № 3. С. 58—65.
 9. Эволюция изверженных пород: Пер. с англ. / Под ред. Х. Йодера. — М. : Мир, 1983. — 528 с.
 10. Wager L., Brown G. Layered Igneous Rock // Oliver & Boyd. — 1968. — 547.
 11. Yoder H. S., Editor J. R. The evolution of the igneous rock // Princeton University press. — 1979. — 522.
 12. Уэйджер Л., Браун Г. Расслоенные изверженные породы. Москва : Наука о Земле, Т. 26. — 1970. — 551 с.
 13. Голуб Е. Н. Биотиты из гранитоидов новоукраинского комплекса / Е. Н. Голуб // Геол. журн. — 1978. — № 1. — 132 с.
 14. Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ. — 2005. — 366 с.
 15. Борисенко Л. Ф., Овчаренко В. К. О некоторых особенностях ильменита изверженных пород // Докл. АН СССР. — 1979. — 247, № 1. — С. 185—189.
 16. Геолого-геофизические критерии рудоносности и металлогения областей субдукции Украинского щита / Шремет Е. М., Кулик С. Н., Кривдик С. Г. и др. — Донецк: «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2011. — 285 с.

17. Дубина О. В., Кривдік С. Г. Эффект сорбции в петрологии магматических пород // Минерал. журн. — 2010. — 32, № 4. — С. 51—62.
18. Кривдик С. Г., Орса В. И., Брянский В. И. Фаялитгеденбергитовые сиениты юго-восточной части Корсунь-Новомиргородского плутона // Геол.журн. — 1988. — 48, № 6. — С. 43—53.
19. Равич М. Г., Каменев Е. Н. Кристаллический фундамент Антарктической платформы. Ленинград : Гидрометеиздат, 1972. — 658 с.
20. Гранитоидные формации Украинского щита / И. Б. Щербаков, К. Е. Есипчук, В. И. Орса. — Киев : Наук. думка, 1984. — 192 с.