

УДК 549.731.1 : 552.33 (477.7)

Возняк Д.К., Кривдік С.Г., Кульчицька Г.О., Вишневецький О.А.

КРИСТАЛИ МАГНЕТИТУ З ЛЕЙКОКРАТОВОГО МАРІУПОЛІТУ ПРИАЗОВ'Я

Наведені результати вивчення кристаломорфології та хімічного складу крупних (до 25 мм) кристалів магнетиту жильного лейкократового маріуполіту з периферійних частин Октябрського масиву в Приазов'ї. Досліджений склад мінеральних включень у кристалах, утворених внаслідок розпаду твердого розчину магнетиту та захоплених у процесі росту його кристалів. На підставі даних про кристаломорфологію магнетиту, порівняння петрологічних характеристик маріуполітів, складу легких компонентів зроблений висновок про механізм і умови утворення кристалів магнетиту.

Магнетит – поширений мінерал багатьох інтрузивних порід Приазовського мегаблоку Українського щита [2]. Він присутній у складі основних і ультраосновних порід, карбонатитів, сіенітів, маріуполітів, гранітоїдів, де відрізняється за розміром, формою виділень, хімічним складом, вмістом у складі породи, асоціаціями з іншими рудними мінералами тощо. Мінерал відзначається типоморфними (індикаторними) властивостями.

Поблизу села Лазарівка Волновахського району Донецької області виявлені декілька виходів жильних маріуполітів. Один з них, розташований у верхів'ї балки Лисиця, на її правому схилі, виявився незвичним: на тлі вкрай лейкократової нефелін-польовошпатової тонко-середньокристалічної основної маси тут виділяються крупні ідіоморфні кристали магнетиту. Жила потужністю до 30-35 см північно-західного (340-350°) простягання залягає серед сіенітів. У порівнянні з більшістю маріуполітів інших проявів Октябрського масиву лейкократовий маріуполіт з магнетитом відрізняється наявністю пертитового калієвого шпату.

Метою цієї роботи було вивчення морфології кристалів магнетиту, їх внутрішньої будови, хімічного складу і, таким чином, отримання інформації про кристалогенезис мінералу. Реконструкція формування маріуполіту з магнетитом дозволить повніше розкрити особливості становлення Октябрського масиву.

Методи дослідження. Кристали магнетиту вивчали в полірованих шліфах з використанням стереомікроскопа SZM-45T2 і поляризаційного мікроскопа Polmi A (Karl Zeiss Jena). Фотографування об'єктів здійснювали за допомогою цифрового апарата Power Shot A630 (Canon). Растрові знімки й хімічний склад кристалів отримані за допомогою сканувального мікроскопа JSM-6700F з енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED 2300 (Jeol) (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України). Гази, вилучені при нагріванні мінеральних проб, аналізували за допомогою газового хроматографа ЛХМ-8МД.

Результати досліджень.

Магнетит-вмісна порода. Кристали магнетиту спостерігаються в центрі округлих ділянок породи, що майже не містять темноко-

лірних мінералів і виглядають освітленими навіть на тлі лейкократового маріуполіту. Чим більшого розміру освітлена ділянка, тим більший кристал магнетиту міститься в центрі. Безмагнетитова частина породи складається з альбіту (70-80%), нефеліну (15-20%) і мікроклін-пертиту (10-20%). Окрім того, в шліфах спостерігаються поодинокі дрібні індивіди егірину (до 0,05-0,3 мм) різних зелених відтінків, з яскравим плеохроїзмом, з косим (до 15-20°) погасанням. Останнє свідчить про значну частку в його складі геденбергітового міналу, тобто він є проміжним членом ряду егірин-геденбергіт. Ще рідше трапляються луски біотиту. Хімічний склад безмагнетитової частини породи (тут і далі мас.%): SiO_2 59,98; TiO_2 0,02; Al_2O_3 22,56; Fe_2O_3 0,92; FeO 1,22; MnO 0,04; MgO 0,57; CaO 1,27; Na_2O 9,94; K_2O 2,08; P_2O_5 0,06; H_2O^- 0,09; в.п.п. 0,94; S – не визн.; загалом – 99,69.

Порода має директивну текстуру й тонко-середньокристалічну структуру, яку можна визначити як гіпідіоморфнозернисту з елементами пойкилітової. Найбільш чіткий ідіоморфізм проявляє альбіт, присутній у вигляді видовжених дрібних кристалів (лейст), хоча нерідко більш крупні (до 1,0-1,5 мм) індивіди нефеліну є так само або навіть більш ідіомор-

фними. Лінія контакту альбіт-нефелін нерівна, звивиста. В той же час виділення мікроклін-пертиту (деякі розміром до 1-2 мм) є ксеноморфними і містять включення окремих кристалів альбіту та нефеліну. Вростки альбіту займають близько 20-30% площі виділень мікроклін-пертиту, що може свідчити про більш високу температуру утворення маріуполіту з магнетитом у порівнянні з типовими маріуполітами Октябрського масиву, де лужні польові шпати відразу кристалізувались окремо. Окрім того, в шліфах магнетитового маріуполіту не виявлені циркон і пірохлор, які (нерідко разом з бритоїтом) є типовими акцесорними мінералами маріуполітів, в тому числі інших жильних поблизу села Лазарівка. Спектральним аналізом у складі породи зафіксовано близько 0,01 мас.% Zr і лише 0,0003 мас.% Nb, тоді як у складі інших маріуполітів вміст цих елементів, а також Ce та Y – на рівні 0,н-0,0н мас.%.

Морфологія й будова кристалів магнетиту. Ізометричні кристали магнетиту розміром 5-10, іноді понад 25 мм мають ромбододекадричний габітус. Грані октаедра $O\{111\}$ розвинені значно слабкіше і, зазвичай, лише 1-2 грані цієї форми можна виявити на поверхні кристалів (рис. 1).

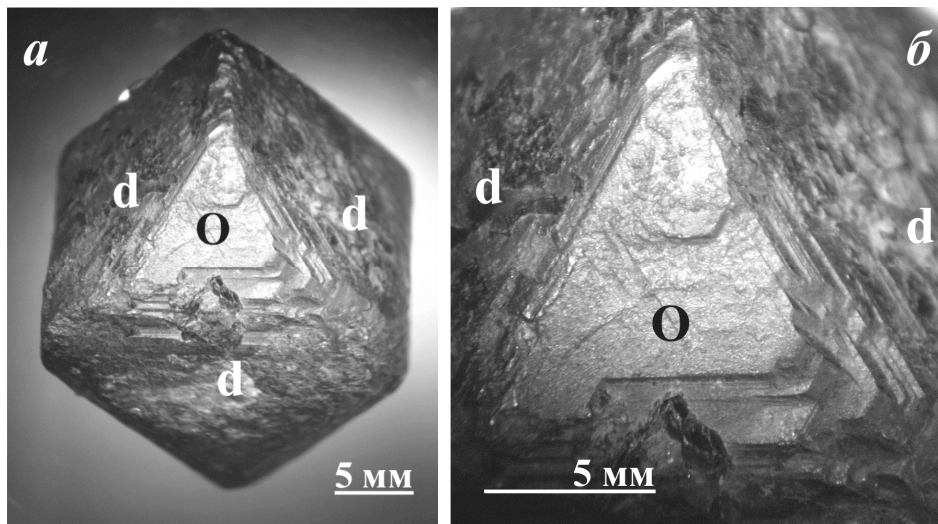


Рис. 1. Гранні форми кристалу магнетиту з лейкократового маріуполіту: $d\{110\}$ – ромбододекадр, $O\{111\}$ – октадр.

a – загальний вигляд кристалу; *б* –пошарова будова грані октаедра.

Грані ромбододекаедра $d\{110\}$ характеризуються нерівною (грубоскульптурованою) поверхнею, на якій помітні видовжені заглибини, що відбивають нечітко проявлену штриховку, паралельну більшій діагоналі ромба. Грані ромбододекаедра відповідають граням гальмування: вони утворились внаслідок домінування росту граней октаедра, тому штриховка на гранях $\{110\}$ паралельна ребру між суміжними гранями $\{111\}$ і $\{110\}$. На відміну від граней $\{110\}$, на гранях $\{111\}$ розташовані

численні незначні за площею плоскі ділянки (рис. 1б). Ребра між гранями $d\{110\}$ і $O\{111\}$ далекі від прямої лінії: вони сформовані внаслідок складної взаємодії шарів наростання граней $\{111\}$ та, ймовірно, гексаедра $a\{100\}$. Індивіди відзначаються відокремленістю за $\{111\}$, площини сколювання, здебільшого, кородовані.

В кристалах магнетиту містяться численні тверді включення голчастої і стовпчастої форми, ізометричні в перерізі (рис. 2, 3).

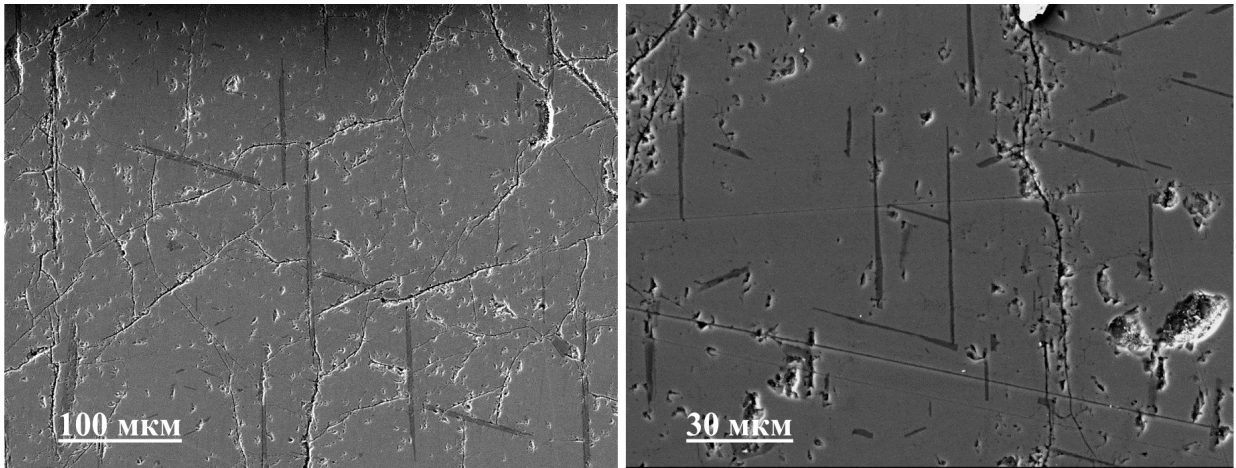


Рис. 2. Закономірно орієнтовані голчасті виділення мінералів групи ільменіту в матриці магнетиту.

Їх товщина змінюється від 2 до 5-7 мкм, рідко більше, а довжина складає, переважно, 30-40, іноді до 120 мкм. Включення закономірно розташовані в тілі кристалів, що дозволяє ідентифікувати їх як продукти розпаду твердого розчину магнетиту. Якщо вони розташовуються в усіх площинах, що паралельні граням ромбододекаедра, як передбачається, а за видовженням співпадають з більшою діагоналлю грані ромба, то в магнетиті між ними можливі дві системи двогранних кутів: 60° і 120° у поясі граней, що паралельні L_3 кристалів, та 90° у поясі граней, паралельних L_4 . Оскільки в площинах відполірованих пластинок магнетиту кут між голчастими включеннями дещо перевищує 60° , то продукти розпаду твердого розчину мінералу, найімовірніше, розташовані в

площинах $\{110\}$ паралельно L_3 кристалів (рис. 2).

Хімічний склад магнетиту і твердих включень у його кристалах. Численні електронно-зондові визначення хімічного складу магнетиту показують, що окрім заліза в ньому іноді трапляються домішки TiO_2 (0,32-0,53 мас.%), SiO_2 (0,12), ZnO (0,07-0,21). Валовим хімічним аналізом магнетиту 2-х кристалів виявлена присутність у його складі (мас.%): MnO 1,34; Fe_2O_3 67,05; FeO 28,60; TiO_2 1,40; MgO 0,09; Al_2O_3 0,28; SiO_2 0,75; CaO 0,18; загалом 99,69 (аналітик О.П.Красюк, хімічна лабораторія ІГМР НАН України).

Порівняно з вмісною гірською породою магнетит відносно стерильний щодо летких компонентів. Під час нагрівання він виділяє спо-

лук гідрогену й карбону загалом не більше 0,1% від маси проби – у декілька разів менше ніж сама порода (0,5 мас.%). Особливо контрастним є вміст H_2O в продуктах піролізу, зокрема в області низьких температур (табл. 1). Зазначимо, що кулястим виділенням магнетиту з сієнітів Азовського штоку, що утворились протягом пізньо-постмагматичної стадії їх

утворення, властивий ще більш високий вміст «низькотемпературних» легких домішок. Незначний вміст таких домішок у складі магнетиту з жильного маріуполіту вказує на явно вищу температуру утворення його кристалів (не нижче $450^\circ C$) порівняно з вміщувальною породою.

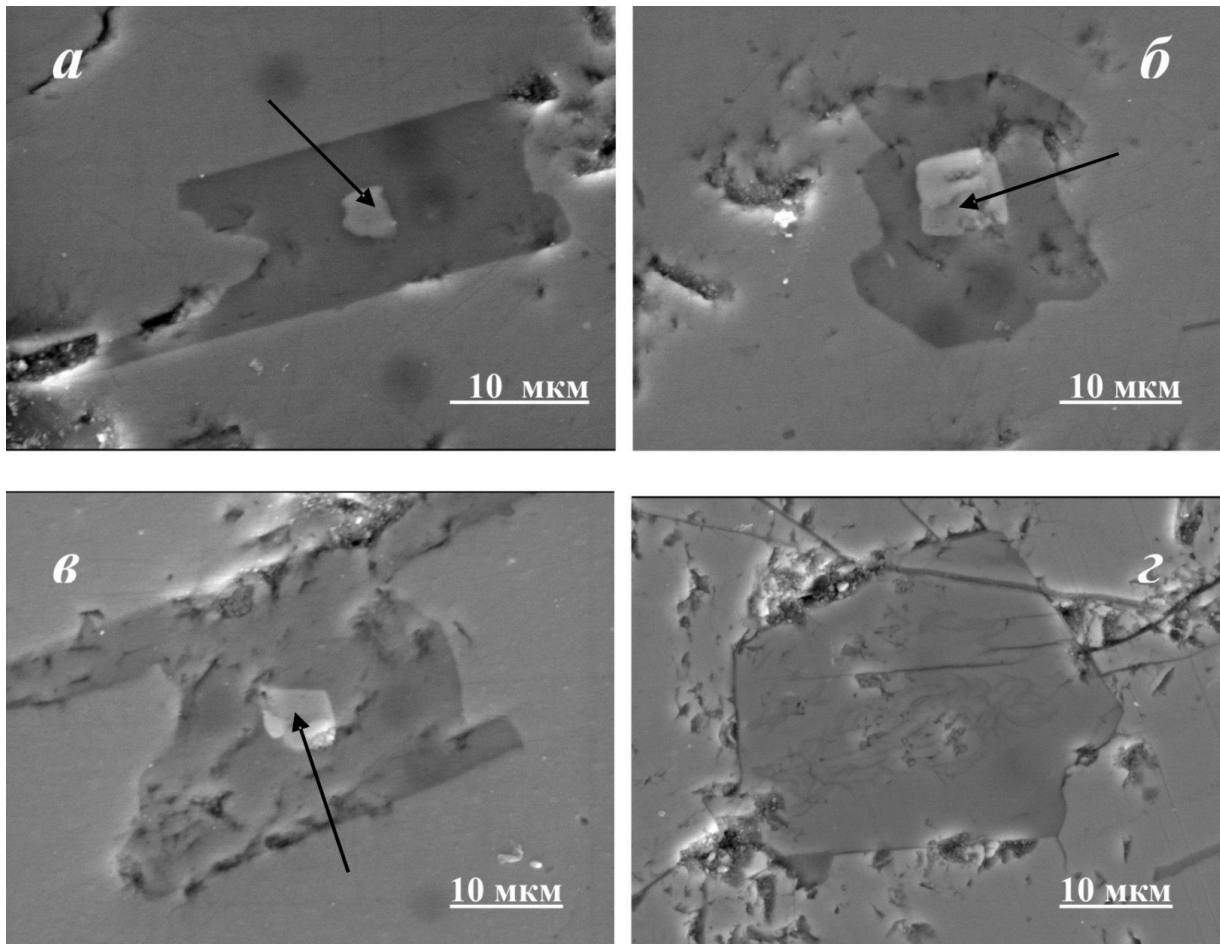


Рис. 3. Неоднорідна будова твердих включень у кристалах магнетиту – продуктів розпаду його твердого розчину.

В центрі включень (а-в) розташовані зростки (позначені стрілками) баделеїту та ймовірного колумбіту. В складі включення (г) від центру до периферії зростає вміст MnO .

За співвідношенням окиснених і відновних сполук лейкократовий маріуполіт не відрізняється від типових маріуполітів Октябрського масиву, однак магнетит порівняно з породою належить до більш окиснених утворень

($CO_2:CO = 70:1$ проти $7:1$, відповідно). Привертає увагу підвищене виділення метану з породи під час нагрівання – 5-6 мкл/г, тоді як для типових маріуполітів, а також інших порід Октябрського масиву отримані значення 1-2

мкл/г. Ще менше CH_4 виділяється з магнетиту (табл. 1), що зайвий раз підкреслює вищий потенціал кисню в кристалах магнетиту порівняно з довколишньою породою.

Склад ексклюзійних включень у складі магнетиту, за даними електронно-зондового аналізу, відповідає мінералам групи ільменіту (табл. 2). Оскільки мінерали цієї групи – гейкеліт MgTiO_3 , пірофаніт MnTiO_3 та ільменіт

FeTiO_3 – ізоструктурні, то Mg, Mn і Fe містяться в тій чи іншій кількості в складі кожного з них. У якості продуктів розпаду в магнетиті виявлений неперервний ряд мінералів, склад яких змінюється від крайнього залізистого члена з невисоким вмістом Mn, тобто ільменіту до пірофаніту, в складі якого вміст Mn значно переважає вміст Fe (рис. 4).

Таблиця 1.

Вміст легких сполук, що виділяються в процесі нагрівання магнетитів і маріуполіту, мкл/г

Хімічні компоненти	Зразки	Температура піролізу, °C				
		до 250	250-450	450-650	650-850	850-1050
H_2O	1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1
	2	2,4	2,0	0,5	0,4	0,3
	3	1,0	1,5	0,9	0,5	0,3
CO_2	1	7,3	70,8	44,7	31,2	42,4
	2	48,7	232,1	143,6	134,4	51,3
CO	1	0,3	2,9	0,3	0,2	0,9
	2	8,0	7,9	1,1	0,5	0,6
CH_4	1	0,00	0,23	0,04	0,00	0,00
	2	0,03	1,70	0,44	0,00	0,00

Зразки: 1 – магнетит з лейкократового маріуполіту; 2 – магнетит з сієніту Азовського штоку. 3 – лейкократовий маріуполіт поблизу с. Лазарівка.

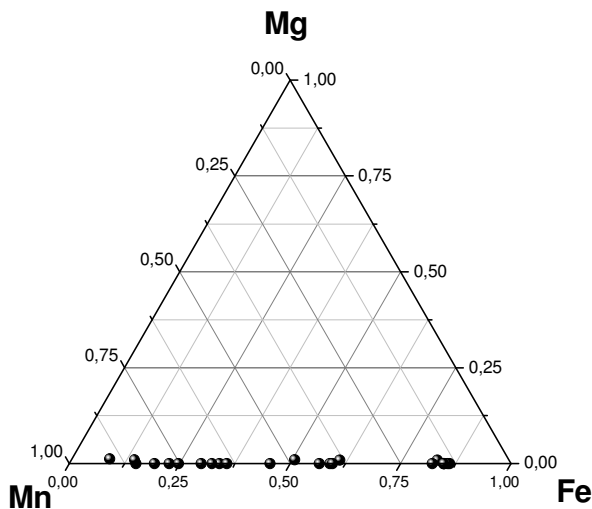


Рис. 4. Співвідношення між вмістом Mn, Fe і Mg (ат. %) у складі мінералів-включень – продуктів розпаду твердого розчину магнетиту.

Як домішка в складі мінеральних включень фіксується цинк (ZnO до 0,81 мас.%). Магній,

переважно, відсутній або перебуває на межі похибки його визначення, лише іноді його вміст сягає 0,17 мас.%. Нерідко разом з включеннями мінералів групи ільменіту трапляються дрібні ізометричні виділення бадделеїту та колумбіту.

Окрім мінералів, що виникли внаслідок розпаду твердого розчину, магнетит містить мінерали вмісної породи, які його кристали захоплювали в процесі росту. До них належать, переважно, альбіт, іноді біотит та інші мінерали, зрідка бадделеїт. Форма виділень бадделеїту дозволяє припустити його утворення за рахунок кристалів циркону (рис. 5). Очевидно, слід очікувати знахідок бадделеїту також у самій породі. За даними електронно-зондового аналізу, натрієвий польовий шпат представлений чистим альбітом без домішок кальцію або калію.

Обговорення та висновки. Оскільки кристали магнетиту спостерігаються в центральних частинах освітлених зон маріуполіту й зі збільшенням розмірів цих зон зростає величина кристалів, можна стверджувати, що вони кри-

сталізувались за рахунок заліза з цієї зони шляхом збиральної перекристалізації.

Таблиця 2.

Хімічний склад ексклюзійних включень у кристалах магнетиту, мас. %

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	ZnO	Сума
1	0,00	51,11	0,05	7,12	41,61	0,05	0,00	0,06	100,00
2	0,03	50,15	0,12	7,28	41,60	0,08	0,01	0,33	99,60
3	0,15	51,01	0,06	6,93	41,48	0,17	0,00	0,14	99,94
4	0,34	50,15	0,00	7,74	41,35	0,13	0,04	0,22	99,97
5	0,15	50,91	0,00	7,37	41,24	0,09	0,00	0,18	99,94
6	0,33	50,86	0,21	7,17	40,92	0,07	0,00	0,14	99,70
7	0,16	51,17	0,06	7,60	40,75	0,07	0,00	0,19	100,00
8	0,00	52,18	0,00	6,86	40,67	0,04	0,04	0,17	99,96
9	0,26	50,08	0,13	8,70	40,58	0,00	0,00	0,25	100,00
10	0,14	50,09	0,00	19,14	29,95	0,25	0,02	0,36	99,95
11	0,02	50,18	0,40	20,43	28,75	0,10	0,00	0,11	99,99
12	0,08	52,25	0,00	19,19	27,51	0,12	0,03	0,81	99,99
13	0,10	52,30	0,12	20,35	26,29	0,00	0,00	0,51	99,67
14	0,00	51,59	0,20	23,33	24,21	0,00	0,06	0,62	100,01
15	0,00	51,40	0,00	26,26	21,80	0,24	0,00	0,32	100,02
16	0,21	52,58	0,13	29,88	16,24	0,08	0,06	0,80	99,98
17	1,06	50,05	0,68	31,27	15,96	0,00	0,00	0,92	99,94
18	0,35	53,04	0,15	30,93	14,66	0,00	0,13	0,73	99,99
19	0,75	51,51	0,55	32,18	13,69	0,03	0,12	1,12	99,95
20	0,31	55,96	0,13	32,44	10,48	0,11	0,04	0,53	100,00
21	0,29	52,14	0,00	34,85	10,31	0,00	0,07	0,96	98,62

Кількість катіонів у кристалохімічних формулах мінералів у перерахунку на 3 атоми кисню

№ п/п	Si	Ti	Al	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Zn	Σ
1	0,000	0,963	0,001	0,074	0,075	0,883	0,002	0,000	0,001	2,000
2	0,001	0,948	0,004	0,112	0,041	0,885	0,003	0,000	0,006	2,000
3	0,004	0,961	0,002	0,075	0,070	0,880	0,006	0,000	0,003	2,000
4	0,009	0,943	0,000	0,104	0,058	0,876	0,005	0,001	0,004	2,000
5	0,004	0,960	0,000	0,080	0,075	0,875	0,003	0,000	0,003	2,000
6	0,008	0,960	0,006	0,063	0,088	0,870	0,003	0,000	0,003	2,000
7	0,004	0,964	0,002	0,069	0,090	0,865	0,003	0,000	0,004	2,000
8	0,000	0,985	0,000	0,036	0,108	0,865	0,001	0,001	0,003	2,000
9	0,007	0,943	0,004	0,107	0,075	0,860	0,000	0,000	0,005	2,000
10	0,004	0,944	0,000	0,119	0,282	0,635	0,009	0,001	0,007	2,000
11	0,001	0,945	0,012	0,102	0,326	0,610	0,004	0,000	0,002	2,000
12	0,002	0,988	0,000	0,050	0,354	0,586	0,004	0,001	0,015	2,000
13	0,003	0,993	0,004	0,025	0,405	0,562	0,000	0,000	0,010	2,000
14	0,000	0,975	0,006	0,067	0,424	0,515	0,000	0,002	0,012	2,000
15	0,000	0,970	0,000	0,071	0,480	0,464	0,009	0,000	0,006	2,000
16	0,005	0,996	0,004	0,024	0,605	0,346	0,003	0,002	0,015	2,000
17	0,027	0,943	0,020	0,075	0,580	0,339	0,000	0,000	0,017	2,000
18	0,009	1,004	0,004	0,000	0,651	0,313	0,000	0,004	0,014	1,998
19	0,019	0,973	0,016	0,042	0,634	0,291	0,001	0,003	0,021	2,000
20	0,008	1,041	0,004	0,000	0,671	0,220	0,004	0,001	0,010	1,959
21	0,007	1,003	0,000	0,015	0,731	0,223	0,000	0,002	0,018	2,000

Примітка. Умови виконання мікрозондових аналізів наведені в [4].

* – все залізо в формі FeO. Розподіл заліза на дво- та тривалентне при перерахунку хімічного складу на кристалохімічні формули визначався за [5].

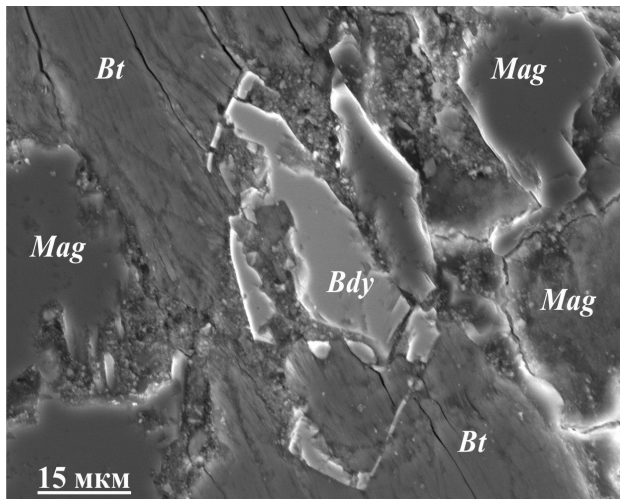


Рис. 5. Псевдоморфоза бадделеїту (Bdy) по циркону як включення в магнетиті.
Mag – магнетит; Bt – біотит.

Тривалість цього процесу призвела до утворення досить крупних ізометричних кристалів магнетиту. Їх ромбододекаедричний габітус – результат домінуючого росту граней октаедра. Внаслідок антискелетного росту шари наростання октаедра сформували грубу поверхню ромбододекаедричних граней.

Попередні дослідники [1, 3] вважали, що ріст кристалів магнетиту в освітлених зонах маріуполітів і альбітизованих сієнітів Приазов'я відбувався внаслідок збиральної перекристалізації в процесі метасоматичної переробки породи, за рахунок заліза магнетиту й фемічних мінералів цієї зони. Такий механізм, на їх думку, підтверджують також численні вростки альбіту й егірину в магнетиті.

Отримані нами дані дозволяють припустити кристалізацію вивченого магнетиту шляхом збиральної перекристалізації на пізньоматичній або навіть на магматичній стадії формування жильного маріуполіту. Як зазначено вище, піроксен з маріуполітів з магнетитом містить менше акмітового міналу, ніж піроксен типових маріуполітів (з породоутворювальним егірином), тобто залізо в складі магнетитових маріуполітів менш окиснене, ніж в егіринових. Це підтверджує також підвищений вміст CH_4 і низькі співвідношення $\text{CO}_2:\text{CO}$ в

продуктах піролізу породи. В більш відновних умовах магнетит може кристалізуватись разом з іншими фемічними мінералами. За нижчої фугітивності кисню магнетит у лейкократових маріуполітах кристалізувався одночасно з піроксеном, особливо якщо температурні умови також були вищими, на що вказує низький вміст у кристалах «низькотемпературних» легких домішок і утворення пертитів. Однак кристалізація магнетиту супроводжувалась егірин-геденбергітовим, а не суто егіриновим парагенезисом.

Можливим аналогом досліджених магнетитових маріуполітів може бути так званий бекелітовий маріуполіт, виділений Й.Морозевичем [6]. Він має жильну форму залягання серед вмісних гранітів правого борту балки Валі-Тарама навпроти села Калініно (тобто на значній відстані від села Лазарівка). Як і досліджений, цей маріуполіт характеризується наявністю кристаликів магнетиту, правда, значно менших за розміром – 1-3 мм. Проте він містить циркон, брیتоліт і пірохлор та більше егірин-геденбергітового піроксену. Магнетит із бекелітового маріуполіту також близький до магнетиту села Лазарівка за вмістом головних елементів-домішок – Mn і Ti (MnO 2,19 мас.%; TiO_2 1,78 проти 1,34 і 1,40, відповідно). «Кулястий» магнетит бекелітового маріуполіту Й.Морозевич вважав розплавленими кристалами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Елисеєв Н.А., Кушев В.Г., Виноградов Д.П. Протерозойський інтрузивний комплекс Восточного Приазов'я // Москва-Ленинград: Наука, 1965.– 204 с.
2. Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Приазов'я // Киев: Наукова думка, 1980.– 432 с.
3. Руденко С.А. Генезис и структурные особенности маріуполитов // Записки Ленинградского горного института.– 1958.– 33, вып. 2.– С. 3-26.
4. Хоменко В.М., Вишневский А.А., Стрекозов С.Н. Торнебомит и галетит Анадольского рудопроявления в Приазовье: первая находка в Украине // Минералогический журнал.– 2013.– 35, №4.– С. 32-43.

5. **Droop G.T.R.** A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria // *Mineralogical Magazine.*– 1987.– 51.– P. 431-435.

6. **Morozevich J.** Der mariupolit und seine Blutsverwanden // *Miner. und Petrogr. Mitt. Neue Folge.* 1930, Bd. 40, H. 5-6.– S. 335-436.

ВОЗНЯК Д.К., КРИВДІК С.Г., КУЛЬЧИЦЬКА Г.О., ВИШНЕВСЬКИЙ О.А. Кристали магнетиту з лейкократового маріуполіту Приазов'я.

Резюме. В периферійних частинах Октябрського масиву (Приазов'я) присутні жильні тіла лейкократового маріуполіту. Прояв його розкритий на околиці села Лазарівка. В складі маріуполіту виявлені крупні (до 25 мм) кристали магнетиту ромбододаедричного габітусу з підпорядкованим розвитком граней октаедра. Грані ромбододаедра утворились внаслідок гальмування пошарового росту граней октаедра. Кристали характеризуються підвищеним вмістом (мас.%) MnO (1,34) і TiO_2 (1,40), що зближує їх з кулястим магнетитом із бекелітового маріуполіту Й.Морозевича. Вони містять два види мінеральних включень: 1) захоплені під час кристалізації виділення альбіту, біотиту та інших фемічних мінералів, а також рідкісного бадделіту; 2) розташовані в площині ромбододаедра продукти розпаду твердого розчину, представлені мінералами ряду ільменіт-пірофаніт, склад яких змінюється від крайнього залізного до крайнього марганцевого члена. Порівняно з вмісною породою магнетит містить менше летких компонентів, і склад їх більш окиснений. Низький вміст летких домішок, зокрема «низькотемпературної» води свідчить про вищу температуру кристалізації магнетиту порівняно з породою. Особливості морфології кристалів, їх анатомії, хімічного складу, піролізні характеристики, наявність екслюційних включень разом з особливостями самої породи дозволяють припустити утворення кристалів магнетиту шляхом збиральної перекристалізації на пізньомагматичній або навіть на магматичній стадії кристалізації жильного маріуполіту в умовах нижчої фугітивності кисню, ніж це мало місце при утворенні типових маріуполітів з егірином.

Ключові слова: магнетит, морфологія кристалів, хімічний склад, генезис, маріуполіт, Український щит, Приазовський мегаблок.

ВОЗНЯК Д.К., КРИВДІК С.Г., КУЛЬЧИЦЬКА А.А., ВИШНЕВСЬКИЙ А.А. Кристаллы магнетита из лейкократового мариуполита Приазовья.

Резюме. В периферийных частях Октябрьского массива (Приазовье) присутствуют жильные тела лейкократового мариуполита. Проявление его вскрыто на окраине села Лазаревка. В составе мариуполита выявлены крупные (до 25 мм) кристаллы магнетита ромбододаедрического габитуса с подчиненным развитием граней октаэдра. Грані ромбододаедра образовались вследствие торможения послойного роста граней октаэдра. Кристаллы характеризуются повышенным содержанием (мас.%) MnO (1,34) і TiO_2 (1,40), что сближает их с шаровидным магнетитом из бекелитового мариуполита И.Морозевича. Они содержат два вида минеральных включений: 1) захваченные во время кристаллизации выделения альбита, биотита и других фемических минералов, а также редко встречающегося бадделита; 2) расположенные в плоскости ромбододаедра продукты распада твердого раствора, представленные минералами ряда ильменита-пирофанита, состав которых изменяется от крайнего железистого до крайнего марганцевого членов. По сравнению с вмещающей породой магнетит содержит меньше летучих компонентов, и состав их более окисленный. Низкое содержание летучих примесей, в частности «низкотемпературной» воды свидетельствует о более высокой температуре кристаллизации магнетита по сравнению с породой. Особенности морфологии кристаллов, их

анатомии, химического состава, пиролизные характеристики, присутствие экссолюционных включений вместе с особенностями самой породы позволяют допустить образование кристаллов магнетита путем собирательной перекристаллизации на позднемагматической стадии или даже на магматической стадии кристаллизации жильного мариуполита в условиях более низкой фугитивности кислорода, чем это имело место при образовании типичных мариуполитов с эгирином.

Ключевые слова: магнетит, морфология кристаллов, химический состав, генезис, мариуполит, Украинский щит, Приазовский мегаблок.

VOZNIAK D.K., KRYVDYK S.G., KULCHITSKA H.O., VYSHNEVSKYI O.A. Crystals of magnetite from leucocratic mariupolite of Azov area.

Summary. A lode of leucocratic mariupolite with magnetite crystals having size from 10 to 25 mm and more 30-35 cm thick was found near the village of Lazarivka, Volnovakha district of Donetsk oblast. Their study contributes to data detailing about rock formation conditions. Authors used crystallographic, electron probe, electron-microscopic, gas chromatographic, chemical methods of studies.

Nonmagnetite mariupolite consists from (vol. %): albite 70-80, nepheline 15-20 and microcline-perthite 10-20. Singular small (0.05-0.3 mm) aegirine crystals of various gradations of green colour having bright pleochroism with inclined (up to 15-20°) extinction can be seen in thin rock sections. This gives evidence of considerable hedenbergite mineral content in it. Scaly crystals of biotite are even rarer. The rock chemical composition is as follows (mass. %): SiO₂ 59.98; TiO₂ 0.02; Al₂O₃ 22.56; Fe₂O₃ 0.92; FeO 1.22; MnO 0.04; Mg 0.57; CaO 1.27; Na₂O 9.94; K₂O 2.08; P₂O₅ 0.06; H₂O 0.09; LOI 0.94; total – 99.69.

Isometric magnetite crystals are of rhombic dodecahedral habitus. There are commonly one-two underdeveloped faces of octahedron {111} on crystals. As the result of anti-skeletal crystals growth, layers of growth {111} formed rough surface of rhombic dodecahedron faces {110} (faces of braking). They are characterized by rough (roughly sculptured) surface on which there are elongate holes (indistinct striae), parallel to bigger diagonal of the rhomb. Magnetite crystal edges are not pointed: they were formed due to complicated interacting between layers of growth of octahedron faces.

After the data of chemical analyses of 2 crystals the magnetite composition is as follows (mass. %): MnO 1.34; Fe₂O₃ 67.05; FeO 28.60; TiO₂ 1.40; MgO 0.09; Al₂O₃ 0.28; SiO₂ 0.75; CaO 0.18; total 99.69. TiO₂ (0.32-0.53), SiO₂ (0.12), ZnO (0.07-0.21) are sometimes found by electron probe method in the magnetite.

Products of magnetite solid disintegration are represented by a continuous range of minerals from ilmenite to pyrophanite. Small isometric segregations of baddeleyite and columbite are common for them as well. Apart from them, there are segregations of albite, more seldom of biotite and other feric minerals as inclusions and interpositions in the magnetite. Potassium and calcium have not been found in albite.

Magnetite crystals occur in the central areas of spherical parts of the rock that almost does not contain any feric minerals. These spheroids are quite distinct even at the background of leucocratic mariupolite. It was determined that the bigger spheroids are, the bigger magnetite crystals are in their central areas. It allows us to insist that the crystals growth was due to accumulative recrystallization.

Pyroxene from magnetite bearing mariupolites contains less acmite mineral than pyroxene from typical mariupolites (containing rock-forming aegirine). Thus, iron in magnetite mariupolites is less oxidized than in aegirine one. Increased CH₄ content in gas products of pyrolysis of rock gives evidence of it as well.

Accumulative recrystallization, which resulted in big magnetite crystals formation, presumably took place at late magmatic or even magmatic stage of rock formation. At lower oxygen fugacity, magnetite

could be formed in leucocratic mariupolites simultaneously with pyroxene taking into account that temperature was also higher. Forming of microcline-perite partially confirms it.

Key words: magnetite, crystals morphology, chemical composition, genesis, mariupolite, Ukrainian Shield, Azov megablock.

*Надійшла до редакції 15 січня 2015 р.
Представив до публікації проф. О.І.Матковський.*