

КЛАСТОГЕННІ ОРТОПІРОКСЕНИ І АМФІБОЛИ КОРОВОГО ТИПУ ІЗ ТЕРИГЕННИХ ВІДКЛАДІВ БІЛОКОРОВИЦЬКОЇ СВІТИ, ПІВНІЧНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Наведено склад ортопіроксенів і амфіболів із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи палеопротерозойського віку. Ортопіроксени утворюють зростки з гастингситовою роговою обманкою і містять включення пікотиту та апатиту. Вони представлені алюмоенстатитом і малозалістим алюмо-бронзитом з низьким вмістом CaO , Cr_2O_3 і NiO . Параметри рівноваги їх такі: $T = 750\text{--}840$ °C, $P = 0,6\text{--}1,9$ ГПа (визначені за методом Дж. Мерсьє). Тиск під час утворення рогової обманки становив $0,5\text{--}0,9$ ГПа. Ортопіроксени і рогова обманка, що асоціює з ними, подібні за складом до однойменних мінералів із перидотитів Березниківської інтрузії та з інтрузії піроксенітів, виявленої поблизу смт Городиця (центральна частина Новоград-Волинського блока Українського щита). Породи цих інтрузій є найімовірнішими джерелами ортопіроксену і гастингситової рогової обманки у конгломератах і пісковиках білокоровицької світи. В останніх часто трапляються також уламки амфіболів світло-зеленого, синювато- і буровато-зеленого кольорів. Виділено шість їх різновидів і схарактеризовано хімічний склад кожного з них. Амфіболи належать до магнезійно-кальцієвого типу, мають підвищену залізистість, помірні глиноземистість, лужність і титаністість. Є також низько- і високоглиноземисті різновиди їх. Вміст SiO_2 в амфіболах варіює від 45 до 53 %, вміст Al_V і Al_VI — відповідно від 0,15 до 1,25 та від 0,37 до 1,48 форм. од. Зроблено висновок, що амфіболи є сумішшю різновидів проміжного складу між тремолітом і роговою обманкою. Вони надходили у білокоровицький басейн седиментації з різних петротипів інтрузивних порід основного складу, переважно з дайок діабазів нормальної лужності, які значно поширені в центральній частині Новоград-Волинського блока.

Ключові слова: білокоровицька світа, конгломерати, пісковики, ортопіроксени, амфіболи, Білокоровицька западина, Український щит.

Вступ. На півночі Українського щита (УЩ) відомо кілька платформних структур рифтогенного типу, виповнених осадовими і вулканогенно-осадовими породами, вік, джерела живлення і ділянки зносу для яких нез'ясовані або гостро дискутуються. До таких належить Білокоровицька грабен-синкліналь (западина). Вона відносно невелика за розмірами (довжина 25 км, ширина до 6—7 км), але досить глибока (від 500 до 1100 м). В її межах осадові породи представлені двома світами: білокоровицькою (нижньою) і озерянською (верхньою). З відкладами білокоровицької світи пов'язані розсіпні прояви алмазу [5] і золота, для яких ще не встановлено корінні джерела живлення і місця їх імовірного розташування. Це значно ускладнює оцінку проявів та їх прогнозно-пошукового значення.

Важливу інформацію щодо зазначеного можна отримати в результаті вивчення не лише алмазу і його ймовірних супутників, а й інших кластогенних мінералів з підвищеною густиною, які принесені у білокоровицький басейн седиментації з різних за складом, походженням і віком порід, що були виведені на тодішній рівень ерозійного зрізу. Серед них найбільше значення мають мінерали, що є типоморфними для порід певного складу. До них відносять також нестійкі в умовах гіпергенезу і транспортування на далекі відстані піроксени і амфіболи.

Мета роботи — вивчити склад ортопіроксенів і амфіболів із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи і на основі їх типохімічних особливостей визначити можливі петротипи материнських порід цих мінералів і розміщення джерел живлення.

Матеріал для дослідження — протолочні та шліхові проби із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи та колекція вилучених з них ортопіроксенів і амфіболів корового походження.

Методи дослідження. Мінеральний склад протолочних і шліхових проб із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи визначено традиційними мінералогічними методами із застосуванням біокулярного і поляризаційного мікроскопів. Внутрішню будову і хімічний склад мінералів вивчено за допомогою електронно-зондового приладу JXA-8200 у Технічному центрі НАН України. Для розрахунків $P-T$ параметрів рівноваги ортопіроксенів використано рівняння Дж. Мерсьє [19].

Короткі відомості про склад білокоровицької світи. Світа представлена потужною (до 500—700 м) товщею слабометаморфізованих теригенних відкладів, серед яких істотно переважають різнозернисті пісковики кварцового і меншою мірою польовошпат-кварцового складу. За даними публікацій [2, 3, 6—9, 12, 18], конгломерати пов'язані головним чином з нижніми горизонтами трикомпонентних ритмів нижньобілокоровицької підсвіти. Потужність їх від 0,5—1,0 до 13—15 м. Конгломерати залягають у прибортових частинах западини у вигляді пластів і лінз, які заміщуються по латералі і вертикалі гравелітами і різнозернистими пісковиками, а останні — алевролітами і аргілітами. Конгломерати представлені крупно-, середньо- і дрібногальковими різновидами. Вміст гальок змінюється від 10—20 до 80—90 %. Їх розмір місцями досягає 10—15 см, але найчастіше трапляються гальки розміром 1—5 см. Вони мають ознаки дуже інтенсивного механічного зносу. Форма їх здебільш округло-овальна, іноді сплющено-овальна. Гальки субзгідно орієнтовані за видовженням, що добре видно на рис. 1. Най-

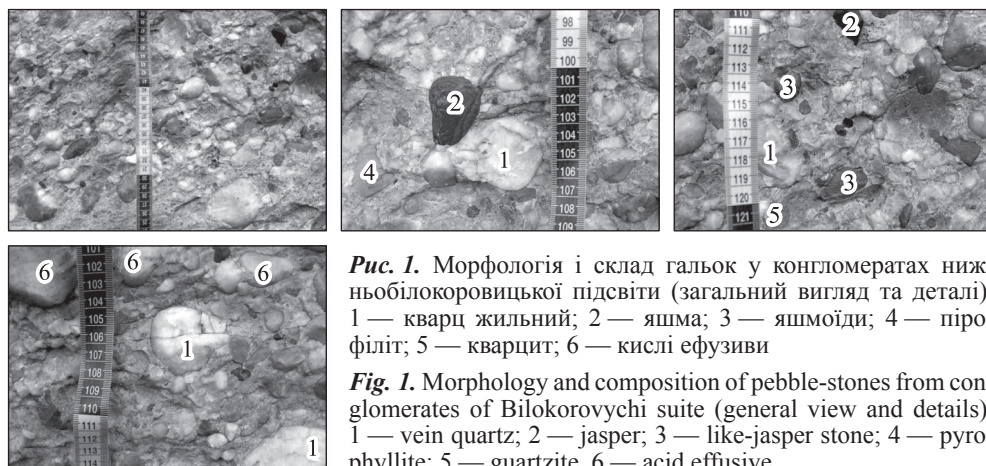


Рис. 1. Морфологія і склад гальок у конгломератах нижньобілокоровицької підсвіти (загальний вигляд та деталі): 1 — кварц жильний; 2 — яшма; 3 — яшмоїди; 4 — пірофіліт; 5 — кварцит; 6 — кислі ефузиви

Fig. 1. Morphology and composition of pebble-stones from conglomerates of Bilokorovychi suite (general view and details): 1 — vein quartz; 2 — jasper; 3 — like-jasper stone; 4 — pyrophyllite; 5 — quartzite; 6 — acid effusive

поширенішими є гальки жильного кварцу і кварцитоподібних пісковиків, значно рідше трапляються кислі ефузиви (кварцові порфіри, фельзити), яшми і яшмоїди, рожеві кварцити овруцького типу, дуже рідко — пірофіліти і змінені діабазы. Слід підкреслити, що попередні дослідники не відмічали у конгломератах гальок та уламків гранітів, габроїдів, пегматитів, гнейсів, ультраосновних і карбонатних порід. Цементом для галечного матеріалу у конгломератах слугує різнозернистий пісковик кварцового і серицит-кварцового складу.

Конгломерати належать до внутрішньоформаційного типу, хоча їх тіла часто локалізовані у базальній частині ритмів нижньобілокоровицької підсвіти. Літолого-фаціальні взаємовідношення конгломератів з пісковиками і алевролітами вказують на те, що вони утворились переважно в узбережній (пляжевій) зоні мілководного басейну. За складом уламкового матеріалу конгломерати наближаються до поліміктового типу. Серед теригенних відкладів нижньобілокоровицької підсвіти конгломерати за обсягом складають менше 10 %, а власне гальковий матеріал — 1—3 %.

Головним літотипом верхньобілокоровицької підсвіти є різнозернисті пісковики переважно кварцового складу. За даними мінералогічних аналізів, у складі важкої фракції домінують стійкі у гіпергенних умовах мінерали, тобто здебільшого вони надходили з докембрійських порід, які зазнали хімічного вивітрювання. Серед важких мінералів превалюють різновиди метаморфічного та ультраметаморфічного походження і мало різновидів з інтрузивних магматичних порід. На жаль, важкі мінерали із пісковиків нижньо- і верхньобілокоровицької підсвіти майже не вивчені. Винятком є хіба що циркони, дані щодо кристаломорфології яких наведено у публікаціях [10, 12], а результати їх ізотопно-геохімічних та геохронологічних досліджень — у статтях [16, 17].

Щодо віку теригенних відкладів білокоровицької світи існують різні погляди. Одні дослідники вважають їх палеопротерозойськими утвореннями, інші — неопротерозойськими, треті — палеозойськими. Для визначення часу формування цих відкладів ми виходимо з того, що вони залягають на корі вивітрювання гнейсів тетерівської світи віком понад 2100 млн років; їх прориває дайка долериту віком 1799 ± 10 млн років [17]. За цими даними відклади білокоровицької світи мають палеопротерозойський вік, а не палеозойський, як визначено в роботі [4].

Результати досліджень. Аналіз публікацій, присвячених теригенним відкладам білокоровицької світи, показує відсутність відомостей про наявність у них уламків основних і ультраосновних порід. Між тим у протолючних пробах конгломератів і пісковиків цієї світи із південної частини Білокоровицької западини порівняно часто спостерігаються зростки ортопіроксену з амфіболом, а також уламки зерен різних за складом амфіболів. Більшість з них представлено різновидами свіжого вигляду і без ознак механічного зносу (рис. 2). Лише деякі зерна амфіболу обкатані. Нижче наведено оригінальні дані щодо складу та ймовірних материнських порід вивчених ортопіроксенів і амфіболів.

Ортопіроксени у зростках з амфіболами мають розмір до 1—1,5 мм. Це переважно видовжені по спайності уламки зерен неправильної форми (рис. 2). Вони складені в основному високомагнезійними різновидами ортопіроксену і кальцієвого амфіболу. Іноді ортопіроксени містять дрібні включення пікотиту і апатиту. За хімічним складом розрізняють енстатити і бронзити.

В енстатитах вміст MgO дорівнює 32—33, FeO — 8,5 % (табл. 1). Для них характерна підвищена глиноземистість (Al_2O_3 2,3—2,5 %), що дає змогу вважати їх алюмоенстатитами. Алюміній знаходиться у четвертій і шестерній координації приблизно в однакових кількостях. Наявність в енстатитах домішок

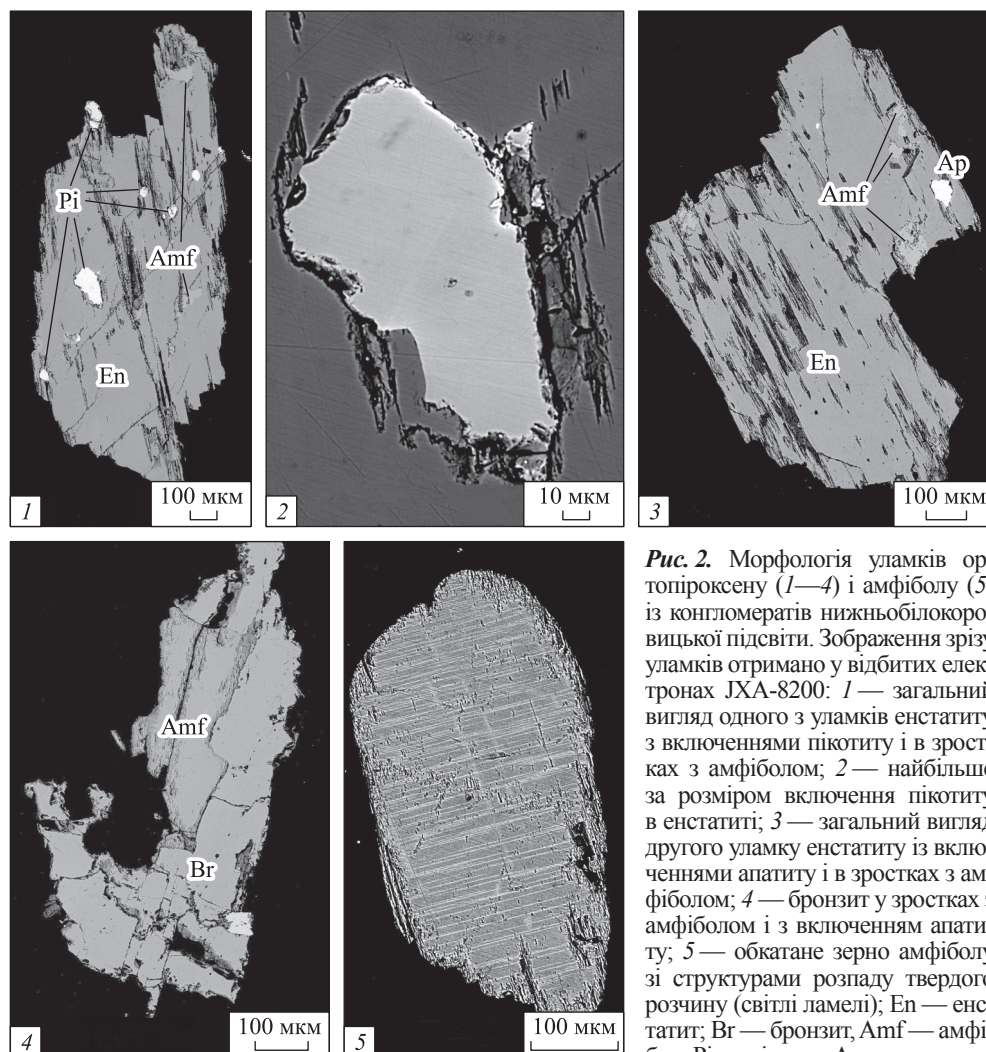


Рис. 2. Морфологія уламків ортопіроксену (1—4) і амфіболу (5) із конгломератів нижньобілокоровицької підсвіти. Зображення зрізу уламків отримано у відбитих електронах JXA-8200: 1 — загальний вигляд одного з уламків енстатиту з вклученнями пікотиту і в зростках з амфіболом; 2 — найбільше за розміром вклучення пікотиту в енстатиті; 3 — загальний вигляд другого уламку енстатиту із вклученнями апатиту і в зростках з амфіболом; 4 — бронзит у зростках з амфіболом і з вклученням апатиту; 5 — обкатане зерно амфіболу зі структурами розпаду твердого розчину (світлі ламелі); En — енстатит; Br — бронзит; Amf — амфібол; Pi — пікотит; Ap — апатит

Fig. 2. Morphology of orthopyroxene (1—4) and amphibole fragments (5) from conglomerates of Bilokorovychi suite. SEM image, JXA-8200 microscope: 1 — image of the enstatite fragment with picotite inclusions and intergrowths of amphibole; 2 — largest in size picotite inclusion in enstatite; 3 — image of enstatite fragment with apatite inclusions and intergrowths of amphibole; 4 — bronzite in aggregates of amphibole and apatite inclusion; 5 — amphibole grain with solid solution structures (light lamellia); En — enstatite; Br — bronzite; Amf — amphibole; Pi — picotite; Ap — apatite

Cr_2O_3 , NiO і CaO вказує на те, що вони співіснували в материнських породах з олівіном, хромдіоксидом і хромшпінелідом. Згідно з розрахунками за термобарометром Дж. Мерсьє [19], енстатити були у рівновазі з цими мінералами за порівняно низьких P — T параметрів — 0,6—0,9 ГПа і 750—775 °С, тобто їх материнські породи (перидотити або піроксеніти) мають корове походження.

В одному із зразків енстатиту ідентифіковано 6 мікрровклучень пікотиту, розмір найбільшого з них 10 мкм. Форма їх неправильна, краї дещо оплавлені (?). Всі мікрровклучення близькі між собою за хімічним складом. Пікотити представлені істотно глиноземистими різновидами (Al_2O_3 56,6—59,0 %) з низьким вмістом Cr_2O_3 (8,3—9,9 %) і підвищеним — FeO (15,7—17,4 %), MgO (14,7—16,2 %) і NiO (0,52—0,66 %). Характерна ознака їх складу — відсут-

Таблиця 1. Результати мікрзондового аналізу складу кластогенних ортопіроксенів та амфіболів і пікотитів, що асоціюють з ними із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи, %

Table 1. Results of microprobe analysis of clastogenic orthopyroxene and associating amphibole and picotite from conglomerates and sandstones of Bilokorovychi suite, %

Компонент	1		2					3		4		
	Orpx	Amf	Orpx	Amf	Pi	Pi	Pi	Orpx	Amf	Amf, центр	Amf, край	Amf, структура розпаду
SiO ₂	55,95	44,61	55,74	44,66	—	—	—	54,92	46,44	47,94	47,86	48,98
TiO ₂	0,06	0,90	0,03	0,85	0,01	0,01	0,04	0,03	1,49	0,91	0,90	0,85
Al ₂ O ₃	2,32	14,27	2,50	14,17	56,67	57,94	58,97	1,59	10,89	8,89	8,98	7,92
Cr ₂ O ₃	0,15	0,64	0,15	0,59	9,88	8,87	8,31	0,10	0,65	0,18	0,14	0,17
FeO*	8,79	4,60	8,64	4,49	17,34	17,43	15,75	14,29	6,71	9,62	10,26	12,86
MnO	0,22	0,12	0,24	0,12	0,14	0,22	0,10	0,17	0,04	0,13	0,20	0,23
MgO	32,52	17,32	32,18	17,50	14,93	14,73	16,19	28,57	16,41	15,76	15,62	16,26
CaO	0,09	11,87	0,07	12,08	н. в.	н. в.	н. в.	0,20	12,08	11,48	11,00	8,60
Na ₂ O	0,01	2,36	0,02	2,43	н. в.	н. в.	н. в.	—	1,47	1,52	1,63	1,25
K ₂ O	—	0,30	0,01	0,31	н. в.	н. в.	н. в.	0,01	0,71	0,37	0,38	0,41
NiO	0,13	0,10	0,12	0,14	0,59	0,52	0,66	0,07	0,15	0,02	0,05	—
Сума	100,24	97,09	99,70	97,34	99,56	99,72	100,02	95,99	97,04	96,82	97,02	97,53
Si	1,945	6,625	1,948	6,620	—	—	—	1,964	6,958	7,243	7,233	7,378
Ti	0,001	0,100	0,001	0,095	0,001	0,001	0,001	0,001	0,168	0,103	0,102	0,096
Al _{VI}	0,040	1,123	0,051	1,096	—	—	—	0,031	0,880	0,826	0,833	0,785
Al _{IV}	0,055	1,375	0,052	1,380	1,790**	1,820**	1,828**	0,036	1,042	0,757	0,767	0,622
Cr	0,004	0,075	0,004	0,069	0,209	0,187	0,173	0,003	0,077	0,021	0,017	0,020
Fe ²⁺	0,248	0,571	0,252	0,557	0,388	0,388	0,346	0,427	0,841	1,215	1,297	1,620
Mn	0,006	0,015	0,007	0,015	0,003	0,005	0,002	0,005	0,005	0,016	0,026	0,029
Mg	1,685	3,834	1,676	3,867	0,596	0,585	0,635	1,523	3,665	3,550	3,519	3,652
Ca	0,003	1,889	0,002	1,918	н. в.	н. в.	н. в.	0,008	1,939	1,858	1,781	1,388
Na	—	0,680	—	0,757	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	0,427	0,445	0,478	0,365
K	—	0,057	—	0,059	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	0,136	0,071	0,073	0,079
Ni	н. р.	н. р.	н. р.	н. р.	0,013	0,011	0,014	н. р.	н. р.	н. р.	н. р.	н. р.
<i>f</i>	12,8	13,0	13,1	12,6	39,4	39,9	35,3	21,9	18,7	25,5	26,9	30,7
<i>P</i> , ГПа	0,9	—	0,6	—	—	—	—	1,9	—	—	—	—
<i>T</i> , °C	775	—	755	—	—	—	—	840	—	—	—	—

* Усе залізо визначено як FeO. ** Атомна кількість загального Al; н. в. — не визначали; н. р. — не розраховано; тире — не виявлено; *f* = 100 Fe/(Fe + Mg) %; *P* і *T* розраховано відповідно за ортопіроксеновим барометром і термометром Дж. Мерсьє [19].

ність Fe₂O₃. На діаграмі Cr₂O₃—MgO ці пікотити потрапляють у поле хромшпінелідів корового походження. Типохімічні особливості вказують на те, що пікотити кристалізувались на малих глибинах з достатньо диференційованого магматичного розплаву, збагаченого глиноземом, магнієм, залізом і хромом. Подібні за складом пікотити відомі в деяких різновидах піроксенітів.

Поряд з енстатитами у конгломератах і пісковиках білокоровицької світи іноді трапляються бронзити із залізистістю приблизно 22 %. Від енстатиту вони відрізняються дещо нижчим вмістом MgO (28 %) і Al₂O₃ (1,6 %). Температура рівноваги їх 840 °С, тиск 1,9 ГПа. З бронзитами асоціює титаниста рогова обманка (TiO₂ 1,5 %) буровато-зеленого кольору з підвищеним вмістом K₂O (0,7 %), Na₂O (1,5 %) і Al₂O₃ (10,9 %). Порівняно з роговою обманкою, яка встановлена у зростках з енстатитом, ця є найбільш високотемпературною.

Амфіболи, які асоціюють з енстатитами, представлені звичайною роговою обманкою зеленого і синювато-зеленого кольору, яка локально розвивається по спайності в енстатитах. Її утворення пов'язане, ймовірно, з пізньомагматичними процесами амфіболізації материнських порід. Рогова обманка збагачена MgO (17,3—17,5 %), Al₂O₃ (14,1—14,3 %) і CaO (11,8—12,1 %), у підвищеній кількості містить TiO₂ (0,8—0,9 %), Na₂O (2,3—2,4 %) і K₂O (0,3 %). Залізистість 12,6—13,0 %; Al_{IV} кількісно дещо перевищує Al_{VI}.

Становить інтерес знахідка актинолітової рогової обманки зі структурами розпаду твердого розчину (рис. 2, 5). Це уламок кристала видовжено-призматичного габітусу зеленого кольору розміром 0,25 × 0,60 мм. На ньому добре помітні ознаки механічного зносу (обкатування). Ламелі розпаду орієнтовані перпендикулярно до видовження кристала, субпаралельні між собою і близькі за шириною.

Рогова обманка належить до магнезіально-кальцієвого типу (MgO 15,6—15,7 %, CaO 11,0—11,5 %) з підвищеним вмістом Al₂O₃ (8,9—9,0 %), Na₂O (1,5—1,6 %), K₂O (0,37—0,38 %) і Cr₂O₃ (0,14—0,18 %). Залізистість 25,5—26,9 %. Більшість алюмінію знаходиться у шестерній координації.

Структури розпаду мало відрізняються за складом від матриці. Порівняно з останньою в них дещо більше SiO₂, FeO, MnO і K₂O та менше MgO, CaO, Al₂O₃, Na₂O і TiO₂. Наявність таких структур розпаду можна використовувати як типоморфну ознаку для ідентифікації материнських порід цих магнезіальних рогових обманок.

Інший склад мають високоглиноземисті рогові обманки (Al₂O₃ 14,7—15,4 %). Вони представлені доволі залізистими різновидами ($f = 28—34$ %) підвищеної лужності (Na₂O 1,8—2,1 %, K₂O 0,12—0,18 %) і титанистості (TiO₂ до 0,43 %). У них встановлено найвищий серед досліджених амфіболів вміст Al_{VI} (1,33—1,48 форм. од.) і Al_{IV} (1,22—1,25 форм. од.). Це свідчить, що вони утворились за порівняно високих температур і тиску та магматичні за походженням. З урахуванням відмічених типохімічних особливостей рогових обманок, а також низького вмісту в них SiO₂ і Cr₂O₃ можна зробити висновок, що материнськими для них були інтрузивні основні породи підвищеної залізистості, глиноземистості та лужності.

Виявлено ще один різновид амфіболу — низькозалізистий ($f = 16,8$ %), проміжного тремоліт-актинолітового складу з підвищеним вмістом Na₂O (1,82 %), K₂O (0,36 %), Al₂O₃ (9,9 %) та MgO (17,0 %). У ньому Al_{VI} удвічі більше, ніж Al_{IV}. З огляду на це амфібол утворився за високого тиску і є пізньомагматичним мінералом.

Майже половина вивчених амфіболів має проміжний склад між тремолітом і актинолітом (табл. 2, ан. 4—11). Вміст MgO у них варіює від 14,6 до 17,4, а CaO — від 10,0 до 12,2 %. Це різновиди порівняно високої залізистості ($f = 22—31$ %), підвищеної глиноземистості (Al₂O₃ 4,6—9,6 %), помірної титанистості (TiO₂ 0,2—0,8 %) і низької лужності (Na + K = 0,22—0,43 форм. од.). За величиною залізистості виділено відміни: 1) $f = 22—24$ %; 2) $f = 29—31$ %. Для обох відмін характерний високий вміст Al_{VI} (0,61—1,04 форм. од.) і низький — Al_{IV}

(0,16—0,64 форм. од.). Особливості складу цих відмін вказують на їх формування за високого тиску і низької температури. Корінними джерелами для них були два різні за магнезійністю петротипи інтрузивних порід основного складу.

Виявлено також низькоглиноземистий (Al_2O_3 , 2,17 %) і низькозалістий ($f = 17$ %) різновид амфіболу магнезійно-кальцієвого складу (MgO 18,9 %, CaO 11,3 %). Для нього характерний високий вміст SiO_2 (56,2 %), відсутність домішок TiO_2 та низький вміст Na_2O (0,48 %) і K_2O (0,04 %). Увесь алюміній знаходиться у шестерній координації. Подібні амфіболи відомі у безпольово-шпатових піроксенітах невеликої інтрузії поблизу смт Городниця та у слюдистих перидотитах Березниківської інтрузії (центральна частина Новоград-Волинського блока).

Отже, всі амфіболи, які виявлені у конгломератах і пісковиках білокоровицької світи південної частини однойменної западини, належать до кальцієвої групи і мають переважно проміжний склад між тремолітом і актинолітом та між актинолітом і роговою обманкою. Рідко трапляються різновиди амфіболів типу гастингситової рогової обманки (рис. 3).

Обговорення результатів. За результатами досліджень кластогенні ортопіроксени і амфіболи із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи є

Таблиця 2. Результати мікрозондового аналізу складу кластогенних амфіболів із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи, %

Table 2. Results of microprobe analysis of clastogenic amphibole from conglomerates and sandstones of Bilokorovychi suite, %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	45,41	45,32	50,69	49,35	49,50	49,58	51,00	52,90	49,56	51,48	52,68	56,19
TiO_2	0,43	0,17	0,37	0,32	0,49	0,23	0,48	0,19	0,86	0,25	0,36	—
Al_2O_3	15,39	14,69	9,92	8,87	9,60	6,42	5,53	5,67	6,70	6,10	4,57	2,17
Cr_2O_3	0,02	0,07	0,01	0,25	0,10	—	0,21	0,18	0,12	0,26	0,11	0,19
FeO	11,58	9,70	6,08	9,56	11,76	10,91	11,56	11,46	9,34	8,72	9,49	6,98
MnO	0,23	0,12	0,16	0,20	0,32	0,36	0,25	0,36	0,13	0,13	0,20	0,27
MgO	12,48	14,22	16,95	16,63	14,67	14,91	14,87	15,56	16,19	17,40	17,35	18,91
CaO	10,75	12,00	10,61	10,11	10,53	11,55	12,25	11,03	11,86	11,08	11,83	11,35
Na_2O	2,15	1,88	1,82	1,38	1,37	0,70	0,83	0,54	1,16	1,34	0,87	0,48
K_2O	0,18	0,12	0,36	0,19	0,14	0,42	0,38	0,19	0,56	0,15	0,36	0,04
Сума	98,62	98,29	96,97	96,86	98,48	95,08	97,36	98,08	96,48	96,91	97,82	96,58
Si	6,773	6,751	7,448	7,384	7,356	7,636	7,700	7,843	7,497	7,672	7,813	8,256
Ti	0,048	0,019	0,041	0,036	0,055	0,027	0,055	0,021	0,098	0,028	0,040	0,000
Al_{VI}	1,479	1,330	1,166	0,948	1,037	0,801	0,684	0,834	0,692	0,744	0,611	0,376
Al_{IV}	1,227	1,249	0,552	0,616	0,644	0,364	0,300	0,157	0,503	0,328	0,187	0,000
Cr	0,002	0,008	0,001	0,030	0,012	0,000	0,025	0,021	0,014	0,031	0,013	0,022
Fe^{2+}	1,445	1,208	0,747	1,196	1,462	1,405	1,460	1,421	1,182	1,087	1,177	0,858
Mn	0,029	0,015	0,020	0,025	0,040	0,047	0,032	0,045	0,017	0,016	0,025	0,034
Mg	2,775	3,158	3,713	3,709	3,250	3,423	3,347	3,439	3,651	3,866	3,836	4,142
Ca	1,718	1,915	1,670	1,621	1,677	1,906	1,982	1,752	1,922	1,769	1,880	1,787
Na	0,622	0,543	0,519	0,400	0,395	0,209	0,243	0,155	0,340	0,387	0,250	0,137
K	0,073	0,108	0,068	0,029	0,023	0,083	0,061	0,068	0,008	0,027	0,034	0,036
f	34,2	27,7	16,8	24,4	31,0	29,1	30,4	29,2	24,4	21,9	23,5	17,2

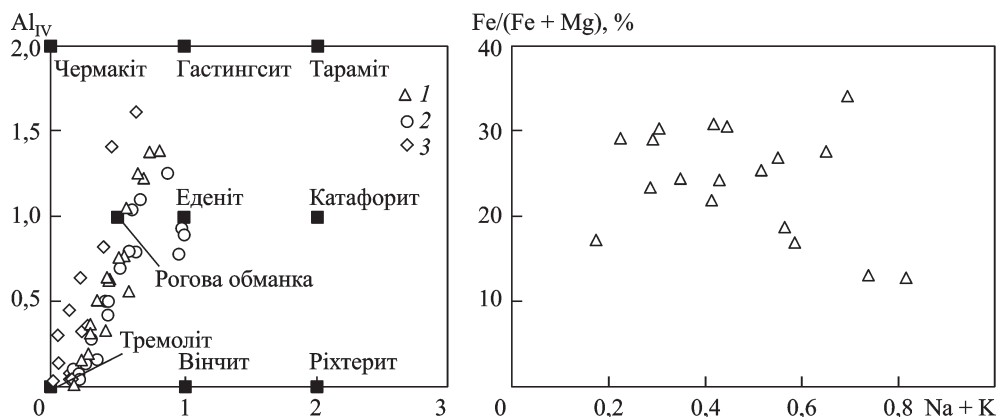


Рис. 3. Діаграми для амфіболів у координатах $(Na + K) - Al_{IV}$ та $(Na + K) - Fe/(Fe + Mg)$. Значення Na , K і Al_{IV} — у формульних одиницях: 1 — кластогенні амфіболи із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи; 2 — амфіболи із слюдистих перидотитів Березниківської інтрузії; 3 — амфіболи із інтрузії безпольовошпатових піроксенітів, розкритої свердловиною на околиці смт Городниця

Fig. 3. Diagrams for amphibole in coordinates $(Na + K) - Al_{IV}$ and $(Na + K) - Fe/(Fe + Mg)$. The value of Na , K and Al_{IV} are in the formula units: 1 — clastogenic amphiboles from conglomerates and sandstones of Bilokorovychi suite; 2 — amphiboles from Berезників mica peridotite intrusion; 3 — amphiboles from pyroxenite intrusion near of the Gorodnytsya village

продуктами дезінтеграції місцевих порід докоростенського віку, тобто давніших за 1800 млн років. Для ортопіроксенів такими були малоглибинні перидотити і ортоклазмісні піроксеніти, зокрема слюдисті перидотити Березниківської інтрузії та безпольовошпатові двопіроксенові піроксеніти, інтрузія яких розкрита свердловиною в околицях смт Городниця. Обидві інтрузії розміщуються в межах центральної частини Новоград-Волинського блока. Перша з них віддалена від південного замикання Білокоровицької западини на 40 км, друга — на 60 км. Діаметр перидотитової інтрузії близько 300, піроксенітової — понад 150 м [1]. Слюдисті перидотити і піроксеніти різною мірою амфіболізовані. У слюдистих перидотитах амфібол має проміжний склад між тремолітом і актинолітом, у піроксенітах — між тремолітом і роговою обманкою та між роговою обманкою і гастингситом (табл. 3). Поблизу названих інтрузій відомі малі тіла амфіболітів і габро-амфіболітів з високим вмістом амфіболу тремолітового і актинолітового типів, проте хімічний склад їх не визначено.

Для кластогенних амфіболів, які порівняно часто трапляються в конгломератах і пісковиках білокоровицької світи і представлені переважно різновидами проміжного складу між тремолітом і актинолітовою роговою обманкою, материнськими були різні петротипи інтрузивних порід основного складу, насамперед дайки діабазу і габро-діабазу помірної глиноземистості і нормальної лужності. Дайки такого складу палеопротерозойського віку поширені в центральній і північній частинах Новоград-Волинського блока, де утворюють пояси північно-західного простягання. Вони здебільшого проривають плагіограніти і плагіомігматити шереметівського комплексу віком понад 2090—2100 млн років, їх перетинають молодші дайки основного, лужно-ультраосновного і кислого складу північно-східного і субширотного простягання. Вік дайок і малих інтрузій лужно-ультраосновних порід становить 2010—2050 млн років [13—15, 20]. У них сублужні та лужні амфіболи є породоутворювальними мінералами.

Таблиця 3. Результати мікрзондового аналізу складу ортопіроксенів і амфіболів із інтрузії піроксенітів околиць смт Городниця (1—6) та слюдистих перидотитів Березниківської інтрузії (7—10)

Table 3. Results of microprobe analysis of orthopyroxene and amphibole from pyroxenite intrusion near of the Gorodnytsya village (1—6) and from the Berezniki mica peridotite intrusion (7—10)

Компо- нент	Орх		Amf				Орх		Amf	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	55,16	53,13	44,58	46,45	51,45	53,86	55,28	55,85	45,53	48,57
TiO ₂	0,13	0,14	1,47	1,10	0,46	0,29	0,09	0,09	0,41	0,94
Al ₂ O ₃	1,63	1,56	13,09	11,86	8,76	2,24	2,32	2,60	12,99	10,01
Cr ₂ O ₃	0,27	0,30	0,41	0,43	0,77	0,32	0,27	0,43	1,59	1,02
FeO	14,44	15,27	7,58	6,50	5,97	6,92	8,05	8,83	4,33	5,75
MnO	0,24	0,32	0,09	0,15	0,06	0,18	0,16	0,23	0,07	0,11
MgO	28,03	27,57	15,37	16,28	17,04	19,22	31,29	32,62	17,81	16,96
CaO	0,84	0,94	12,42	12,59	11,94	11,81	0,30	0,24	11,72	11,57
Na ₂ O	0,00	0,02	1,64	1,59	1,35	0,33	0,00	0,00	2,54	1,38
K ₂ O	0,01	0,01	1,00	0,67	0,19	0,09	0,00	0,00	0,75	0,99
Сума	100,75	99,26	97,65	97,62	97,99	95,26	97,76	100,89	97,74	97,30

Під час петрографічного вивчення дайок основного складу дослідники відмічали наявність у них амфіболів світло-зеленого, синювато-зеленого і бурувато-зеленого кольору ймовірно пізньомагматичного генезису. Однак ці висновки, як правило, не супроводжувались визначенням хімічного складу амфіболів. Відсутність таких даних дуже ускладнює або унеможливорює ідентифікацію амфіболів серед кластогенного матеріалу білокоровицької світи. Винятком є амфіболи із відомих тут інтрузій лужно-ультраосновних порід, які порівняно добре вивчені [13—15, 20].

Висновки. 1. Уперше вивчено склад кластогенних ортопіроксенів і амфіболів із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи палеопротерозойського віку. Встановлено, що ортопіроксени представлені алюмоенстатитом і малозалізістим алюмобронзитом. Вони утворюють зростки з амфіболами проміжного складу між роговою обманкою і гастингситом та містять включення пікотиту і апатиту. Оцінені за методом Дж. Мерсьє [19] параметри рівноваги ортопіроксенів варіюють у межах: $T = 750\text{—}840\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 0,6\text{—}1,9\text{ ГПа}$. Рогова обманка була у рівновазі з ортопіроксеном за тиску $0,5\text{—}0,9\text{ ГПа}$. За складом ортопіроксени із відкладів білокоровицької світи подібні до ортопіроксенів слюдистих перидотитів Березниківської інтрузії та безпольовошпатових піроксенітів малої інтрузії з околиці смт Городниця. Інтрузії розміщуються відповідно за 40 і 60 км на південний захід від Білокоровицької западини.

2. У конгломератах і пісковиках білокоровицької світи відносно часто спостерігали також уламки амфіболів світло-зеленого, синювато-зеленого і бурувато-зеленого кольору. Вони мають переважно проміжний склад між тремолітом і роговою обманкою, і лиш окремі відповідають гастингситовій роговій обманці. Більшість амфіболів представлені магнезіально-кальцієвими різновидами помірної глиноземистості (Al₂O₃ 4,5—9,6 %), підвищеної залізистості ($f = 22\text{—}34\%$) і помірної лужності (Na₂O 0,5—2,1 %, K₂O — менш як 0,5 %). Всі амфіболи низькохромисті (Cr₂O₃ менш як 0,25 %) і помірно титанисті (TiO₂ 0,2—

0,5, рідко 0,8—0,9 %). Крім того, є різновиди низькоглиноземистого ($Al_2O_3 \approx 2,0$ %) і порівняно високоглиноземистого (Al_2O_3 14,7—15,4 %) складу. Вміст SiO_2 в амфіболах варіює від 45 до 53 %, Al_{IV} — від 0,157 до 1,249 форм. од., Al_{VI} — від 0,375 до 1,479 форм. од. Кількісно Al_{VI} завжди переважає над Al_{IV} . Такі типохімічні особливості амфіболів свідчать про те, що вони є сумішшю різновидів, які різняться за складом і умовами утворення, але надходили у білокоровицький басейн седиментації переважно з інтрузивних порід основного складу нормальної лужності. Зважаючи на значне поширення дайок діабазів і габро-діабазів палеопротерозойського віку на прилеглих до Білокоровицької западини із заходу і південного заходу ділянках Новоград-Волинського блока, є вагомим підстави вважати їх одним з найважливіших джерел магнезійно-кальцієвих амфіболів.

3. У конгломератах і пісковиках білокоровицької світи поки що не вдалось ідентифікувати амфіболи сублужного і лужного складу, які характерні для відомих у центральній частині Новоград-Волинського блока інтрузій лужно-ультраосновних порід [12—14, 19], хоча хромшпінеліди та інші мінерали останніх встановлено у білокоровицьких відкладах. Пошуки їх слід продовжити на репрезентативнішій кількості протолочних проб.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баран А.М., Гейко Ю.В., Павлов Г.Г. Геологічна будова Березниківських інтрузій слюдяних перидотитів (Волинський мегаблок УЩ) // Геохімія та рудоутворення. — 2008. — № 26. — С. 68—78.
2. Беспалько Н.А. Геологическое положение пород Белоковорвичской структуры // Геол. журн. — 1986. — Т. 46, № 3. — С. 25—33.
3. Букович И.П. Стратиграфия Вильчанской, Овручской и Белоковорвичской впадин // Геол. журн. — 1986. — Т. 46, № 3. — С. 102—110.
4. Лапчик Ф.Е., Шульга П.Л., Фуртес В.В., Букович И.П. Литостратиграфия метаморфизованных осадочно-вулканогенных образований Белоковорвичской грабен-синклинали северо-западной части Украинского щита // Стратиграфия и формации Украины. — Киев: Наук. думка, 1983. — С. 83—125.
5. Металиди С.В., Зарицкий А.И., Цымбал С.Н. и др. Первая находка алмаза в конгломератах верхнего протерозоя на территории Восточно-Европейской платформы // Минерал. журн. — 1982. — Т. 4, № 3. — С. 20—29.
6. Михницкая Т.П. Метаосадочные породы грабен-синклиналей Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1993. — 110 с.
7. Ожегова М.И. Овручская свита песчаников и сланцев // Геол. журн. — 1982. — Т. 42, № 2. — С. 116—119.
8. Паранько И.С. Геологические формации и стратиграфическое расчленение метаморфических вулканогенно-осадочных образований северо-западной части Украинского щита // Геол. журн. — 1988. — Т. 48, № 1. — С. 57—68.
9. Сливко Е.М., Паранько И.С., Малюк Б.И. Геология и условия формирования докембрийских конгломератов Белоковорвичско-Овручской системы депрессий (северо-западная часть Украинского щита) // Литология и полезн. ископаемые — 1991. — № 3. — С. 132—141.
10. Сливко Е.М. Акцессорный циркон из белоковорвичской свиты // Минерал. сб. — 1983. — № 37, вып. 2. — С. 34—42.
11. Сливко Е.М. Акцессорный циркон «пугачевских» песчаников северо-западной части Украинского щита // Минерал. сб. — 1986. — № 40, вып. 1. — С. 61—66.
12. Сливко Е.М., Паранько И.С., Литвинович А.Р. Минералого-петрографические особенности конгломератового горизонта Белоковорвичской впадины и их значение для стратиграфии докембрия северо-западной части Украинского щита // Геол. журн. — 1988. — Т. 48, № 1. — С. 68—73.
13. Цымбал С.Н., Гейко Ю.В., Кривдик С.Г. и др. Болярковская интрузия щелочно-ультраосновных пород (северо-запад Украинского щита) // Актуальные проблемы гео-

- логии Беларуси и смежных территорий: Тр. Междунар. науч. конф., Минск, 8—9 дек. 2008 г. — Минск, 2008. — С. 35—40.
14. Цымбал С.Н., Гейко Ю.В., Шумлянський Л.В., Цымбал Ю.С. Состав и возраст щелочно-ультраосновных пород Губковского проявления на северо-западе Украинского щита // Тр. 31-й Междунар. конф. «Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма», посвящ. памяти акад. Ф.П. Митрофанова, Москва, 7 окт. 2014 г. — М., 2014. — С. 84—86.
 15. Цымбал С.Н., Щербаков И.Б., Кривдик С.Г., Лабузный В.Ф. Щелочно-ультраосновные породы Городницкой интрузии (северо-запад Украинского щита) // Минерал. журн. — 1997. — Т. 19, № 3. — С. 61—80.
 16. Шумлянський Л.В. Стратиграфічне положення і джерела зносу відкладів Білорівницької та Овруцької западин (північно-західна частина Українського щита) // Геохімія та рудоутворення. — 2011. — Вип. 29. — С. 44—53.
 17. Шумлянський Л.В., Мазур М.Д. Вік та речовинний склад йотунітів Білорівницького дайкового поясу // Геолог України. — 2010. — № 1—2. — С. 70—78.
 18. Яценко Г.М., Паранько И.С. Формации и стратиграфия Овручского и Белокоровичского прогибов // Геол. журн. — 1984. — Т. 44, № 1. — С. 56—64.
 19. Mercier J. C. C. Single-pyroxene thermobarometry // Tectonophysics. — 1980. — Vol. 70, N 1—2. — P. 1—37.
 20. Tsybal S.N., Krivdik S.G., Tsybal Yr.S., Baran A.N. Mineralogy of alkaline ultrabasic rocks in Bolyarka intrusion (North-Western area of the Ukrainian Shield) // Abstracts of XXVI Inter. conf. «Geochemistry of magmatic rocks» (May 11—15, 2009, Moscow, Russia). — Moscow, 2009. — P. 149—150.

Надійшла 17.09.2015

Ю.С. Цымбал

КЛАСТОГЕННЫЕ ОРТОПИРОКСЕНЫ И АМФИБОЛЫ КОРОВОГО ТИПА ИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛОКОРОВИЧСКОЙ СВИТЫ, СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Приведены результаты изучения состава кластогенных ортопироксенов и амфиболов из конгломератов и песчаников белокоровичской свиты палеопротерозойского возраста. Ортопироксены образуют сростки с гаслингситовой роговой обманкой и содержат включения пикотита и апатита. По составу они соответствуют алюмоэнстатиту и низкожелезистому алюмобронзиту. Параметры равновесия ортопироксенов: $T = 750\text{—}840\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 0,6\text{—}1,9\text{ ГПа}$ (оценены по методу Дж. Мерсье). Роговая обманка находилась в равновесии с ортопироксеном при давлении 0,5—0,9 ГПа. Сходные по составу ортопироксены и роговые обманки известны в перидотитах Березниковской интрузии, а также в интрузии пироксенитов, вскрытой в окрестностях пгт Городница (центральная часть Новоград-Волынского блока). Их можно считать одним из источников энстатита, бронзита и ассоциирующей с ними гаслингситовой роговой обманки в конгломераты и песчаники белокоровичской свиты.

В этих же отложениях часто встречаются обломки амфиболов светло-зеленого, синевато- и буровато-зеленого цвета. Выделено шесть их разновидностей и охарактеризован химический состав каждой из них. Амфиболы относятся к магнезиально-кальциевому типу, имеют повышенную железистость, умеренные глиноземистость, щелочность и титанистость. Кроме того, среди них есть низко- и высокоглиноземистые разновидности. Содержание SiO_2 в амфиболах колеблется от 45 до 53 %, количество Al_{IV} и Al_{VI} варьирует соответственно в пределах 0,15—1,25 и 0,37—1,48 форм. ед. Сделан вывод, что амфиболы представляют собой смесь разновидностей промежуточного состава между тремолитом и роговой обманкой, которые поступали в белокоровичский бассейн седиментации из разных петротипов интрузивных пород основного состава, преимущественно из даек диабазов нормальной щелочности, широко развитых в центральной части Новоград-Волынского блока.

Ключевые слова: белокоровицкая свита, конгломераты, песчаники, ортопироксены, амфиболы, Белокоровичская впадина, Украинский щит.

Yu.S. Tsybal

CLASTOGENIC ORTHOPYROXENE AND AMPHIBOLE
OF CRUST TYPE FROM SEDIMENTS OF BILOKOROVYCHI SUITE,
THE NORTHERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD

The results of the study of the chemical composition of clastogenic orthopyroxene and amphibole from Paleoproterozoic conglomerates and sandstones of Bilokorovychi suite are presented. Orthopyroxene form aggregates with hastingsite hornblende and contain inclusions of picotite and apatite. In composition, they correspond to alyumoenstatite and alyumobronzite with iron content. Equilibrium options of orthopyroxene: $T = 750\text{—}840\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 0.6\text{—}1.9\text{ GPa}$ (estimated by the method of J. Mercier, 1980). Hornblende is in equilibrium with orthopyroxene at a pressure of $0.5\text{—}0.9\text{ GPa}$. Similar in composition orthopyroxene and hornblende are known in Berezhnyki peridotite intrusion and in pyroxenite intrusion, exposed in the vicinity of the village Gorodnytsya (central part of Novograd-Volyn block). They can expect one of the sources of enstatite, bronzite and associating with them hastingsite hornblende in conglomerates and sandstones of Bilokorovychi suite. In these deposits are often found the fragments of light green, bluish and brownish-green amphibole. We identified six varieties of them and described the chemical composition of each of them. Amphiboles are magnesia-calcium type, have a higher iron content, moderate alumina content, alkalinity and titaniferous. In addition, some of them are low- and high-varieties of alumina content. SiO_2 content of amphiboles ranges from 45 to 53 %, and the amount $\text{Al}_{\text{IV}}\text{Al}_{\text{VI}}$ varies respectively within 0.15—1.25 and 0.37—1.48 forms. u. On the basis of the research we concluded that amphiboles are a mixture of varieties of intermediate composition between tremolite and hornblende. They enter to the Bilokorovychi sedimentation basin from different petrological types of intrusive basic rocks, mainly from the dikes of normal alkaline, widely developed in the central part of the Novograd-Volyn block.

Keywords: Bilokorovychi suite, conglomerates, sandstones, orthopyroxene, amphibole, Bilokorovychi depression, Ukrainian Shield.