

(Fe, Mn)-ГРАНАТИ, ТУРМАЛІН, СТАВРОЛІТ І ЕПІДОТ ІЗ БІЛОКОРОВИЦЬКИХ КОНГЛОМЕРАТІВ (МОРФОЛОГІЯ, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, МІНЕРАЛЬНІ ВКЛЮЧЕННЯ)

Методами гоніометрії, растрової електронної мікроскопії, електронно-зондового мікроаналізу досліджено морфологію (Fe, Mn)-гранатів, турмаліну, ставроліту та епідоту з протерозойських конгломератів Білокоровицької структури у межах Волинського мегаблока Українського щита, їх хімічний склад і мінеральні включення в них. Гранати представлені дрібними (0,1–0,5 мм), різною мірою обкатаними зернами та їх уламками, серед яких трапляються добре ограновані і практично неушкоджені кристали ромбо-додекаедричного та тетрагон-триоктаедричного {211} габітусу. За хімічним складом вони відповідають альмандину (альмандин_{74–76} піроп_{16–18} гросуляр_{5–7} спесартин_{2–4}) та альмандин-спесартину (спесартин_{57–62} альмандин_{27–35} піроп_{1–6} гросуляр_{1–4} андрадит_{1–3}). Для альмандину характерні численні включення кварцу та ільменіту. Ставроліт має склад, близький до теоретичного. Так само, як і в альмандині, в ньому поширені включення кварцу та ільменіту. Турмалін характеризується різноманітністю забарвлення (темно-бурій, сірий до чорного, зелений тощо) та морфології. З огляду на останню виділено три його типи: цілковито зношені еліпсоподібні та кулясті зерна, призматичні кристали з ознаками незначного механічного зносу ребер і граней, неушкоджені призматичні кристали, на яких проявлено пірамідальне огранення їх головок. Набір простих форм на призматичних індивідах: {1120}+{10 $\bar{1}$ 0}+{1121}. За хімічним складом темнозабарвлені (коричневі, сірі до чорних) турмаліни належать до лужного типу і представлені проміжними членами ізоморфного ряду шерл – дравіт. Епідот здебільшого трапляється у вигляді обкатаних зерен округлої, овальної чи неправильної форми. Інколи утворює добре сформовані багатогранники з характерним для цього мінералу ограненням. Його призматичні кристали з набором граней найкраще розвинутих простих форм {100}+{001}+{11 $\bar{1}$ } видовжені вздовж осі [010]. За особливостями хімічного складу вони відповідають типовим залізистим різновидам епідоту.

Ключові слова: білокоровицькі конгломерати, акцесорні мінерали, кристаломорфологія, хімічний склад, мінеральні включення.

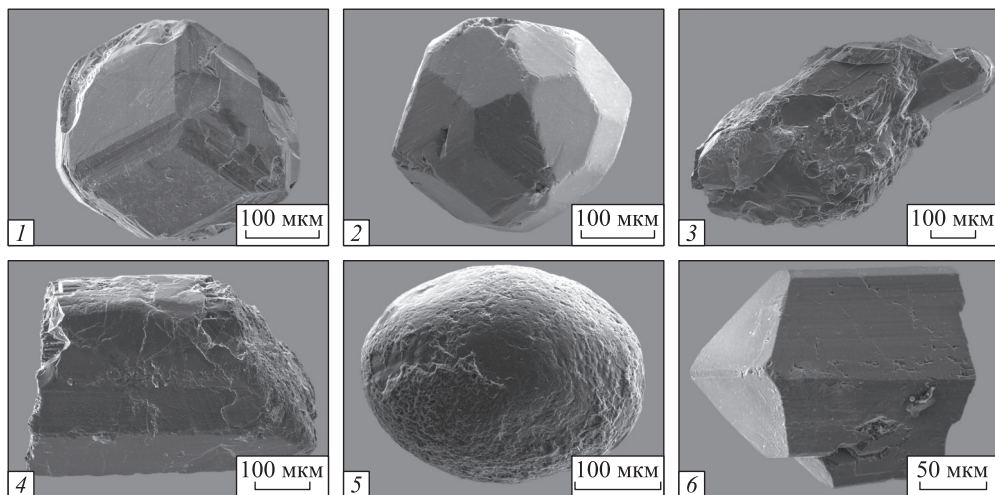
Вступ. Метаосадові породи Білокоровицької западини привертають до себе увагу дослідників з декількох причин. Однією з них є різноманітність їх мінерального складу. На сьогодні, за даними О.І. Матковського та Є.М. Сливко [3], в них виявлено понад 80 акцесорних мінералів, їх перелік час від часу поповнюється новими назвами. Зауважимо, що вивчені вони вкрай неоднаково. Дотепер основну увагу приділяли циркону [1], золоту [2], алмазу та його, як вважають, мінералам-супутникам — піропу, хромшпінелідам, хромдіопсиду [5]. Щодо всіх інших акцесоріїв зазначених порід наявна в літературних джерелах інфор-

мація дуже обмежена. Здебільшого їх візуальні описи доповнені значеннями показників заломлення та параметрами елементарної комірки. Тому з метою розширення уявлень про ці мінерали ми започаткували їх «ревізію». Перші результати такої роботи викладено в цьому повідомленні.

Зразки і методи досліджень. Методами гоніометрії растрової електронної мікроскопії та рентгеноспектрального мікроаналізу вивчено декілька десятків зразків гранату, ставроліту, турмаліну та епідоту, вилучених із концентрату збагачення конгломератів, відібраних у шурфі на північній околиці смт Нові Білокоровичі. Робота виконана в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України (м. Київ) на растровому електронному мікроскопі JSM-6700F, обладнаному енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300 (JEOL, Японія). Отримання РЕМ-зображень та визначення хімічного складу мінералів здійснювалось за прискорювальної напруги 20 кВ, струму зонда $6 \cdot 10^{-10}$ А та діаметра зонда 1—2 мкм. Як стандарти під час аналізу використано чисті метали для Al, Si, Ti, Mn, Fe; синтетичні Na_3AlF_6 , MgO, CaF_2 для Na, Mg, Ca відповідно. Внесення поправок у результати вимірів і розрахунок концентрацій елементів здійснено методом ZAF-корекції. Склад мінералів, наведений в таблиці, обчислений як середнє по 3—4 аналізах, виконаних у різних зонах зерен з метою їх перевірки на хімічну неоднорідність. Як виявилось, усі зразки є гомогенними.

Результати досліджень і висновки. *Гранати* — характерні акцесорії теригенних порід Білокоровицької структури, при цьому поширені нерівномірно. Згідно з даними статті [3], у відкладах південної частини структури гранати наявні у знаковій кількості, тоді як у окремих шарах північної частини їх вміст становить 0,3—2,4 % маси важкої фракції. Переважно це різною мірою зношені зерна червоних, рожевих або жовтих відтінків округлої, овальної чи неправильної форми, розміром 0,1—0,5 мм. Зрідка трапляються практично неушкоджені ромбододекадричні та тетрагон-триоктаедричні кристали рожево-рожево-червоного та оранжево-червоного кольорів (рисунок, 1, 2).

З огляду на хімічний склад гранатів, визначений раніше [5], а також у межах поточного дослідження (див. таблицю), можна констатувати, що в білоко-



Морфологія кристалів акцесорних мінералів із конгломератів Білокоровицької структури: 1 — альмандин; 2 — спесартин; 3 — зросток турмаліну з кварцом; 4, 5 — турмалін; 6 — епідот

Crystal morphology of accessory minerals from conglomerates of Bilokorovychy structure: 1 — almandine; 2 — spessartine; 3 — tourmaline-quartz intergrowth; 4, 5 — tourmaline; 6 — epidote

Хімічний склад акцесорних мінералів із конгломератів Білокоровицької структури, %
Chemical composition of accessory minerals from conglomerates of Bilokorovychy structure, %

№ п/п	Зразок, номер	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	Сума
1	БК-1-7	38,03	0,03	21,46	0,00	34,02	0,92	4,49	1,86	н. в.	100,81
2	БК-1-1	37,78	0,07	21,31	0,00	33,73	1,06	4,03	1,93	н. в.	99,91
3	БК-1-5	37,51	0,04	21,19	0,00	33,66	0,92	4,18	1,99	н. в.	99,49
4	БК-1-4	38,01	0,03	21,45	0,00	33,28	1,16	4,32	2,07	н. в.	100,31
5	БК-1-9	37,84	0,06	21,42	0,00	33,08	1,50	4,06	2,33	н. в.	100,28
6	БК-1-2	37,57	0,00	21,19	0,00	32,57	1,83	3,90	2,32	н. в.	99,36
7	БК-1-3	36,82	0,22	21,10	0,05	15,58	24,72	1,62	0,57	н. в.	100,67
8	БК-0-22	36,35	0,04	20,52	0,79	13,68	26,40	0,16	2,18	н. в.	100,12
9	БК-0-14	36,25	0,03	20,42	1,00	11,56	26,27	1,19	2,41	н. в.	99,13
10	БК-1-14	27,33	0,60	54,53	0,65	12,32	0,05	2,20	0,00	н. в.	97,67
11	БК-1-16	27,73	0,49	54,26	0,05	12,61	0,00	2,29	0,00	н. в.	97,42
12	БК-1-17	27,57	0,46	54,45	0,19	12,22	0,00	2,39	0,00	н. в.	97,28
13	БК-1-21	34,54	0,26	34,16	0,00	13,00	0,00	1,09	0,07	2,35	85,47
14	БК-1-20	34,73	0,23	34,56	0,00	9,83	0,00	3,27	0,05	2,28	84,95
15	БК-1-12	35,71	0,85	34,75	0,00	8,23	0,02	4,04	0,36	2,12	86,07
16	БК-0-27	35,51	1,01	34,56	0,00	7,76	0,00	4,09	0,30	2,24	85,46
17	БК-0-8	35,60	0,55	32,44	0,00	9,20	0,08	5,18	0,26	2,09	85,40
18	БК-0-18	35,13	0,47	32,88	1,15	7,56	0,00	5,46	0,38	1,74	84,77
19	БК-0-34	36,15	0,43	33,84	0,00	7,13	0,10	5,30	0,44	3,19	86,57
20	БК-0-33	36,20	0,65	35,15	0,00	5,91	0,00	5,25	0,61	2,03	85,80
21	БК-0-12	36,21	0,27	33,76	0,00	5,80	0,00	6,09	0,56	2,42	85,11
22	БК-0-35	35,96	0,85	33,93	0,00	4,84	0,00	6,48	0,47	2,18	84,70
23	БК-0-22	36,46	0,13	21,31	17,27	0,00	0,00	0,00	23,13	н. в.	98,30
24	БК-0-29	36,49	0,15	20,54	17,64	0,00	0,00	0,00	22,99	н. в.	97,82

Примітка: 1—9 — гранати; 10—12 — ставроліти; 13—22 — турмаліни; 23—24 — епідоти; н. в. — не визначали. Розподіл сумарного заліза на Fe₂O₃ і FeO виконано за алгоритмом, запропонованим у статті [7].

ровицьких конгломератах наявні принаймні три їх різновиди. Усі вони належать до піральспітової серії.

Перший різновид — рідкісні для білокоровицьких конгломератів високомагнезійні гранати піропового складу. Вони детально схарактеризовані С.М. Цимбалом [5], що позбавляє нас потреби на них зупинятись.

Другий різновид складає переважну більшість серед трьох, виділених нами, і об'єднує гранати рожевих відтінків з високим вмістом заліза. Зазвичай це різною мірою обкатані зерна та їх уламки. Інколи серед цієї маси спостерігаються добре ограновані кристали. На них розвинуті типові для гранату прості форми: ромбододакедр і тетрагон-триоктаедр {211} (рисунок, 1). Габітус кристалів від ромбододакедричного до перехідного {110}+{211}. Добре видно, що грані тетрагон-триоктаедра {211} утворюються внаслідок виродження граней ромбододакедра, тому вони покриті паралельною штриховкою. Зауважимо, що ознак гіпергенного розчинення і механічного зносу на таких кристалах не зафіксовано.

Гранати цього різновиду мають дуже витриманий хімічний склад, що відповідає типовому альмандину (див. таблицю, ан. 1—6). Їх компонентна формула така: альмандин_{74–76}піроп_{16–18}гросуляр_{5–7}спесартин_{2–4}. Звертає на себе увагу відсутність тривалентного заліза, що вказує на відновні умови їх утворення.

Характерною рисою альмандинів є те, що практично в усіх вивчених зразках наявні мінеральні включення. Як показало мікрозондове дослідження, переважно вони представлені кварцом та ільменітом, зрідка трапляється апатит.

До третього різновиду віднесено оранжево-червоні високоманганові гранати. За гранулометрією та морфологією вони загалом подібні до розглянутих вище альмандинів. Серед них так само є багатогранники. На останніх виявлено прості форми, як і на кристалах альмандину, — ромбододакедр і тетрагон-триоктаедр {211}. Проте габітус кристалів манганового гранату різноманітніший: нерозчинених індивідів — тетрагон-триоктаедричний (рисунок, 2), грані ромбододакедра на них мають другорядне значення; індивідів з дуже слабкими ознаками розчинення навпаки — ромбододакедричний, з підпорядкованим розвитком граней {211}; габітус кристалів з явними ознаками гіпергенного розчинення — перехідний {110}+{211}.

Визначення хімічного складу показало, що гранати цього різновиду є альмандин-спесартинами з незначними домішками Mg- та Ca-компонентів (спесартин_{57–62}альмандин_{27–35}піроп_{1–6}гросуляр_{1–4}андрадит_{1–3}). За даними таблиці, проаналізовані зразки (БК-1-3 — обкатане зерно, БК-0-22, БК-0-14 — ограновані кристали) подібні один до одного, хоча їхній склад дещо різниться, зокрема, це стосується вмісту в них магнію та кальцію. Зазначимо також, що на відміну від альмандинів у манганових гранатах, як впливає з розрахунків, у невеликій кількості з'являється тривалентне залізо. Це свідчить про їх утворення за вищого потенціалу кисню порівняно з таким альмандинів. Мінеральні включення виявлено лише в декількох з вивчених зразків спесартинів. Їх діагностику поки не проводили.

Насамкінець відзначимо, що вивчені альмандини та альмандин-спесартини подібні за хімічним складом до таких як з магматичних, так і з метаморфічних порід [6]. У місцевих породах Волинського мегаблока УЩ проаналізовані альмандини виявляють подібність до гранатів із метаморфічних порід тетерівської серії, а також гранітоїдів житомирського комплексу, тоді як альмандин-спесартини дуже подібні до високоманганових гранатів з гранат-мусковітових пегматитів та апліт-гранітів Осницького комплексу [4].

Ставроліт, за даними [3], у знаковій кількості наявний в осадових відкладах по всій площі Білокоровицької структури. Переважають різні за формою та різною мірою обкатані зерна та їх уламки розміром 0,10—0,50 мм. Характерною особливістю мінералу є різноманітність його забарвлення. За цим показником автори згаданої вище статті виділяють вісім його відмін.

Ми проаналізували три оранжево-коричневі зерна ставроліту. Вони однакові та практично «чисті» за хімічним складом (див. табл., ан. 10—12). Із домішок у них зафіксовано лише титан і магній. У мінімальній кількості в мінералі, за розрахунками, наявне окисне залізо.

Зауважимо, що усі без винятку зерна ставроліту містять численні, порівняно крупні (20—100 мкм) пластинчасті, овально-округлі та неправильної форми чорні непрозорі або безбарвні мінеральні включення. Мікрозондове дослідження показало, що, як і в альмандинах, вони представлені ільменітом і кварцом. В одному із ставролітів зафіксовано дуже дрібне (~10 мкм) включення циркону.

Турмалін поширений в осадових породах білокоровицької світи дуже нерівномірно. За спостереженнями О.І. Матковського та Є.М. Сливко [3], міне-

рал зазвичай наявний у конгломератах у знаковій кількості й лише в породах південного замикання структури його вміст, в окремих пробах, становить 20—100 г/т. Водночас у пісковиках північної частини на деяких ділянках концентрація турмаліну може сягати 4—14 % маси важкої фракції.

Незважаючи на здебільшого низький вміст в білокоровицьких конгломератах турмалін характеризується різноманітністю забарвлення (темно-бурий, сірий до чорного, зелений тощо) та морфології. За останнім показником ми виділили три його типи: цілковито зношені кристали до еліпсоподібних і кулястих утворень (рисунок, 3), призматичні кристали з ознаками незначного механічного зносу ребер і граней (рисунок, 4), неушкоджені призматичні кристали у зростках з кварцом. Тільки на кристалах останнього типу проявлено пірамідальне огранення їх головок (рисунок, 5). Набір простих форм на призматичних кристалах: $\{11\bar{2}0\} + \{10\bar{1}0\} + \{11\bar{2}1\}$. Не виключено, що кожен з перелічених типів турмаліну має власне материнське джерело.

Мікрозондовий аналіз 10 темнозабарвлених (коричневих, сірих до чорних) зерен турмаліну показав, що всі вони належать до лужного типу і представлені проміжними членами ізоморфного ряду шерл — дравіт. Із особливостей складу відзначимо мінімальний вміст у них домішкових елементів. З останніх ми виявили тільки титан і кальцій. Причому вміст титану в шерлах (див. таблицю, ан. 13—16) трохи вищий, ніж у дравітах (див. таблицю, ан. 17—22), а кальцію, навпаки нижчий. Підкреслимо також низьку міру окисненості заліза у вивчених турмалінах: за винятком одного зразка (БК-0-18), в усіх інших, за розрахунками, міститься лише Fe^{2+} .

Enidom у білокоровицьких конгломератах поширений нерівномірно. За даними статті [3], він зафіксований у 40 % протолочних проб, причому головню у породах західного борту та південного замикання структури. Здебільшого мінерал спостерігається у вигляді обкатаних зерен округлої, овальної чи неправильної форми. Подібно до гранатів і турмалінів, серед частково та повністю зношених індивідів наявні практично неушкоджені, добре сформовані багатогранники з характерним для цього мінералу ограненням. Його призматичні кристали з набором граней найліпше розвинутих простих форм $\{100\} + \{001\} + \{11\bar{1}\}$ видовжені вздовж осі $[010]$ (рисунок, 6). За хімічним складом проаналізовані зразки (див. таблицю, ан. 23—24) відповідають типовим залізистим різновидам епідоту.

На завершення зазначимо, що даних, отриманих у межах потокового дослідження, поки що недостатньо для ґрунтовних генетичних побудов та висновків щодо походження розглянутих акцесорних мінералів. Утім з того, що вже напрацьовано, стає зрозумілим, наскільки важливою є така інформація. Тому започаткована робота має бути продовжена на репрезентативнішому матеріалі, що сприятиме визначенню конкретних джерел і напрямків знесення теригенного матеріалу в Білокоровицьку западину та з'ясуванню фізико-хімічних умов утворення метаосадових порід, що її виповнюють.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишневський О.А., Квасниця В.М., Квасниця І.В., Шумлянський Л.В., Гурненко І.В. Циркон із білокоровицьких протерозойських пісковиків (кристаломорфологія, анатомія, хімічний склад, мінеральні вклучення, генезис). *Записки Укр. мінерал. тов-ва*. 2015. Т. 11. С. 88—103.
2. Квасниця В.М., Павлюк О.В., Вишневський О.А., Квасниця І.В., Висоцький Б.Л., Гурненко І.В. Самородне золото із білокоровицьких протерозойських конгломератів Волині. *Записки Укр. мінерал. тов-ва*. 2015. Т. 11. С. 103—117.

3. Матковський О.І., Сливко С.М. Мінералогічні особливості конгломератів Білокоровицької структури (північно-західна частина Українського щита). *Записки Укр. мінерал. тов-ва*. 2015. Т. 11. С. 23—54.
4. Усенко І.С., Белевцев Р.Я., Щербакова Т.Г., Яковлев Б.Г., Кравченко Г.Л., Орса В.И., Есипчук К.Е., Голуб Е.Н., Никулина Э.А., Слипченко В.В., Дудко В.С., Терещенко С.И., Хомяк Т.П., Венедиктов В.В. Пороодообразующие гранаты Украинского щита. К.: Наук. думка, 1980. 176 с.
5. Цимбал С.М. Мінерали-супутники алмазу із конгломератів і пісковиків білокоровицької світи нижнього протерозою північної частини Українського щита. *Записки Укр. мінерал. тов-ва*. 2015. Т. 11. С. 54—76.
6. Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. Rock-forming minerals. Vol. 1A: Orthosilicates (second edition). London: Longman, 1997. 919 p.
7. Droop G.T.R. A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. *Mineralogical Magazine*. 1987. V. 51. P. 431—435.

Надійшла 06.04.2016

А.А. Вишневикий, В.Н. Квасниця, А.М. Жук, И.В. Гурненко

(Fe, Mn)-ГРАНАТЫ, ТУРМАЛИН, СТАВРОЛИТ И ЭПИДОТ ИЗ БЕЛОКОРОВИЧСКИХ КОНГЛОМЕРАТОВ (МОРФОЛОГИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ)

Методами гониометрии, сканирующей электронной микроскопии и микрозондового анализа изучены морфология (Fe, Mn)-гранатов, турмалина, ставролита и эпидота из протерозойских конгломератов Белоковричской структуры в пределах Волынского мегаблока Украинского щита, их химический состав и минеральные включения в них. Гранаты представлены мелкими (0,1—0,5 мм), в различной степени окатанными зернами и их обломками, среди которых встречаются хорошо ограненные и практически неповрежденные кристаллы ромбододекаэдрического и тетрагон-триоктаэдрического {211} габитуса. По химическому составу они соответствуют алмадину (альмандин₇₄₋₇₆пироп₁₆₋₁₈гроссуляр₅₋₇спессартин₂₋₄) и альмандин-спессартину (спессартин₅₇₋₆₂альмандин₂₇₋₃₃пироп₁₋₆гроссуляр₁₋₄андрадит₁₋₃). Для альмандина характерны многочисленные включения кварца и ильменита. Ставролит имеет состав, близкий к теоретическому. Как и в альмандине, в нем распространены включения кварца и ильменита. Турмалин характеризуется разнообразием окраски (темно-бурый, серый до черного, зеленый и др.) и морфологии. С учетом последней выделены три его типа: полностью изношенные эллипсоидные и шарообразные зерна, призматические кристаллы с признаками незначительного механического износа ребер и граней, неповрежденные призматические кристаллы, на которых проявляется пирамидальная огранка их головок. Набор простых форм на призматических индивидах {1120}+{1010}+{1121}. По химическому составу темноокрашенные (коричневые, серые до черных) турмалины принадлежат к щелочному типу и представлены промежуточными членами изоморфного ряда шерл — дравит. Эпидот обычно встречается в виде окатанных зерен округлой, овальной либо неправильной формы. Иногда образует хорошо сформированные многогранники с характерной для этого минерала огранкой. Его призматические кристаллы с набором граней наилучше развитых простых форм {100}+{001}+{111} вытянуты вдоль оси [010]. По особенностям химического состава они отвечают типичной железистой разновидности эпидота.

Ключевые слова: белоковричские конгломераты, аксессуарные минералы, кристалломорфология, химический состав, минеральные включения.

O.A. Vyshnevskiy, V.M. Kvasnytsya, O.M. Zhuk, I.V. Gurnenko

(Fe, Mn)-GARNETS, TOURMALINE, STAUROLITE AND EPIDOTE
FROM BILOKOROVYCHY CONGLOMERATES (MORPHOLOGY, CHEMICAL
COMPOSITION, MINERAL INCLUSIONS)

Crystallomorphology, mineral inclusions and chemical composition of (Fe, Mn)-garnets, tourmaline, staurolite and epidote from Proterozoic conglomerates of Bilokorovychy structure (Volyn megablock of the Ukrainian Shield) were studied using goniometry, scanning electron microscopy and electron microprobe analysis. *Garnets* are small (0.1—0.5 mm), abraded grains and their fragments, the well shaped and practically uncrippled crystals of rhombic dodecahedron and {211} trapezohedron are occurring also. According to chemical composition they are almandines (*almandine*_{74–76}*pyrope*_{16–18}*grossular*_{5–7}*spessartine*_{2–4}) and almandine-spessartines (*spessartine*_{57–62}*almandine*_{27–33}*pyrope*_{1–6}*grossular*_{1–4}*andradite*_{1–3}). Numerous quartz and ilmenite inclusions are characteristic for almandine. *Staurolite* has chemical composition similar to theoretical one. The inclusions of quartz and ilmenite are widespread in it as they are in almandine. *Tourmaline* is characterized by a variety of coloring (dark-brown, grey to black, green etc.) and morphology. Three morphological types of tourmaline are selected: completely sedimentary abraded oval and spherical grains, prismatic crystals with signs of insignificant mechanical abrasion of ribs and faces, uncrippled prismatic crystals with pyramidal cutted heads. The simple forms on prismatic crystals are {11 $\bar{2}$ 0} + {10 $\bar{1}$ 0} + {11 $\bar{2}$ 1}. As to chemical composition dark-colored (dark-brown, grey to black) tourmalines belong to the alkaline type and are presented by intermediate members of schorl-dravite series. *Epidote* usually occurs as grains of round, oval or irregular shape. Sometimes it forms a well-shaped, extended along [010] axis polyhedrons with simple forms typical to this mineral: {100} + {001} + {11 $\bar{1}$ }. Due to chemical composition features they correspond to typical ferrous variety of epidote.

Keywords: Bilokorovychy conglomerates, accessory minerals, crystallomorphology, chemical composition, mineral inclusions.