УДК 549.514.

О.І. МАТКОВСЬКИЙ

Львівський національний університет імені Івана Франка
79005, м. Львів, вул. Грушевського, 4
e-mail: mineral@franko.lviv.ua

АЛЬМАНДИНОВІ ГРАНАТИ В ГЕОЛОГІЧНИХ УТВОРЕННЯХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Проаналізовано поширеність, форми прояву, морфологію, хімічний склад і структурні особливості, фізичні властивості та генетичну природу альмандинових гранатів у магматичних, метаморфічних та осадових комплексах Українських Карпат. Відзначено деякі типоморфні ознаки мінералу, що слугують індикаторами особливостей росту, термодинамічних і фаціальних умов утворення.

Гранати належать до поширених мінералів у геологічних утвореннях Українських Карпат. Вони виявлені у складі магматичних, метаморфічних, метасоматичних та осадових порід і представлені альмандиновими, спесартиновими, піроповими, андрадитовими, гросуляровими і гідрогросуляровими різновидами. Найпоширенішими є ***альмандинові гранати.*** Вони характерні для порід давніх метаморфічних комплексів Мармароського масиву і молодих магматичних утворень Закарпаття, постійно трапляються у складі важких фракцій різновікових осадових порід Закарпатського і Передкарпатського прогинів і Складчастих (флішових) Карпат.

У давніх комплексах альмандинові гранати є важливою складовою частиною крупнозернистих вузлуватих ставроліт-гранат-двослюдяних сланців, слюдисто-гранатових сланців, плагіогнейсів, гранатових амфіболітів; у менших акцесорних кількостях вони спостерігаються у слюдисто-хлоритових сланцях та інших зеленосланцевих породах, граніто-гнейсах, плагіогранітах [1—7].

У гранатовмісних сланцях мінерал утворює порфіробласти розміром від кількох міліметрів до 1,5 см, рідко більше; вміст його досягає 15 %. Кристали гранату часто приплюснуті по сланцюватості і набувають слабовитягнутої форми, обрис їх заокруглений або неправильний, іноді правильний шестикутної форми. Вони переважно тяжіють до слюдистих прошарків, у яких луски і пластинки мусковіту і біотиту якби обтікають порфіробласти. У сланцях гранат майже повсюдно переповнений численними включеннями кварцу, які надають йому ситоподібну (пойкілобластову) структуру (рис. 1), подекуди дрібними лусками біотиту і рідко голочками рутилу; спостерігаються також прожилки кварцу. В місцях прояву катаклазу гранат інтенсивно хлоритизований. Тут більшість його кристалів оточені майже суцільною товстою облямівкою хлориту (рис. 2) і пронизані хлоритом по тріщинах.

© О.І. МАТКОВСЬКИЙ, 2009

У гранатовмісних плагіогнейсах альмандиновий гранат трапляється у вигляді як окремих порфіробластів, розміром до 5—7 мм, так і групових скупчень розміром до 1,0—1,5 см. Подекуди його вміст у цих породах досягає 30—35 % об'єму. Форма зерен мінералу різноманітна: ізометрична, іноді з чіткими обрисами граней, або неправильна із зазубреними краями. Інколи зерна гранату ніби з'єднуються між собою, утворюючи витягнуті виділення, орієнтовані за сланцюватістю. Більшість порфіробластів, особливо крупніших, переповнені численними включеннями кварцу, іноді біотиту, плагіоклазу і титаніту.

Альмандиновий гранат є типовим мінералом деяких амфіболітів, у яких вміст його досягає 5—10 %. Він переважно утворює великі порфірибласти (рис. 3) і рідше — дрібні зерна. Розміри їх становлять від 0,1 до 5,0, інколи досягають 7—8 мм. Форма кристалів ізометрична, іноді приплюснута і витягнута в одному напрямку. Окремі кристали ніби розірвані.

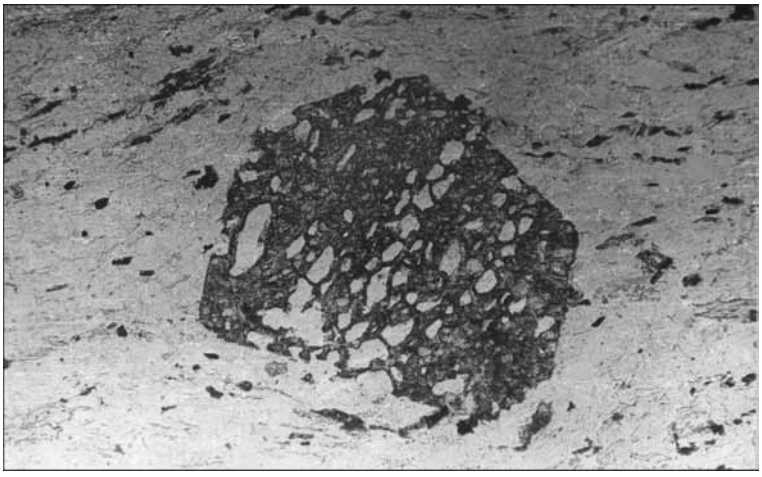

Рис. 1. Порфіробласт гранату з численними пойкілітовими включеннями кварцу в слюдяно-гранатовому сланці. ×30

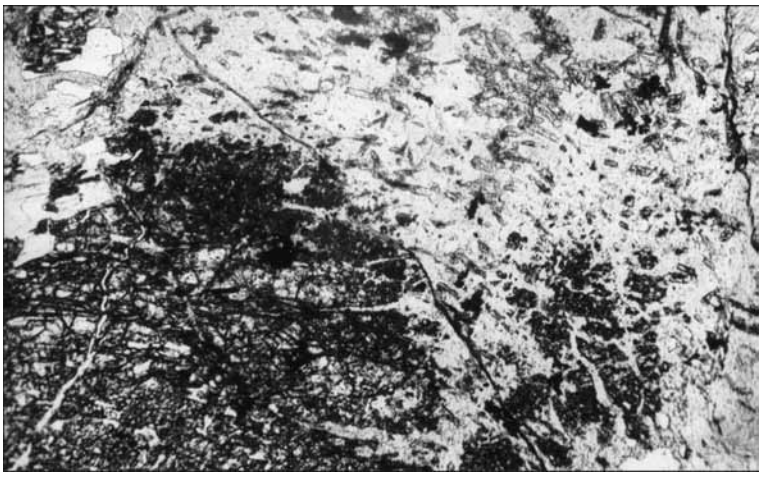

Рис. 2. Хлоритизований порфіробласт гранату з гранат-слюдяних сланців. ×30

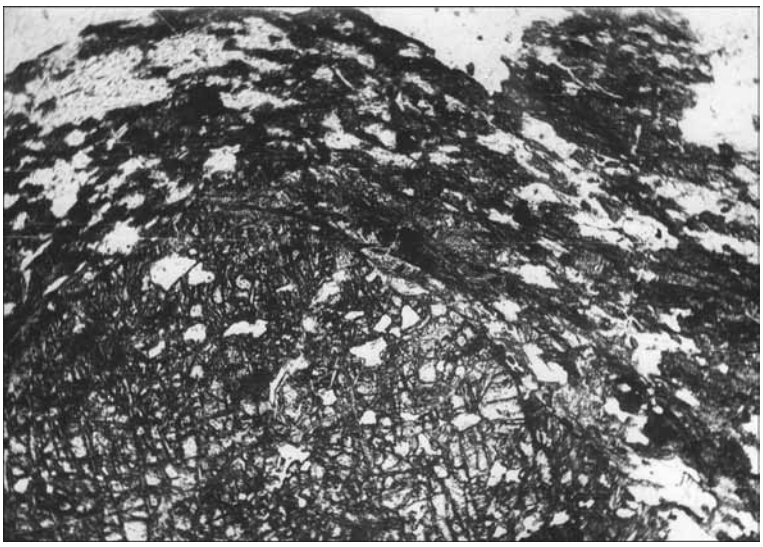

Рис. 3. Порфіробласт альмандинового гранату з пойкілобластовою структурою в амфіболітах. ×40

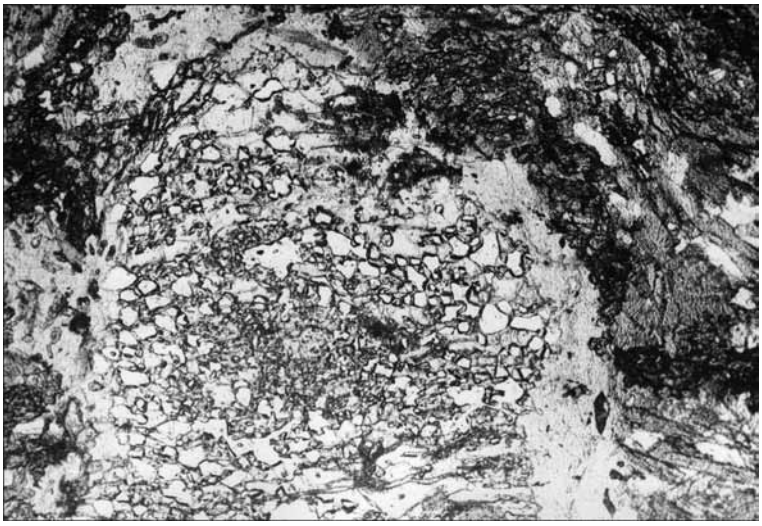

Рис. 4. Хлоритизований порфіробласт гранату в амфіболітах. ×30

Мінерал переповнений пойкілітовими вростками кварцу, його перетинають кварцові прожилки. Подекуди в ньому містяться вростки інших мінералів (рогової обманки, плагіоклазу, біотиту, титаніту та ін.). Включення кварцу часто розміщуються концентрично-зонально. Кристали сильно тріщинуваті і заміщені хлоритом (рис. 4).

Альмандиновий гранат є характерним мінералом неогенових вулканітів Вигорлат-Гутинського пасма Закарпаття. В цих породах його відзначали ще у другій половині XIX ст. (F. Vivenot, 1869; V.R. Zepharovich, 1873), а у другій половині XX ст. вивчало багато дослідників [8—12]. Гранат тут виявлено у складі дацитів, ліпарито-дацитів і їх туфів у районі смт Перечин (села Ворочеве, Новоселиця) і в районі с. Кибляри, а також у складі ан-

дезито-дацитів району с. Середнє і в андезито-базальтах околиць санаторію Синяк. У цих породах гранат трапляється переважно у вигляді вкраплеників, у товщі туфів середньої потужності 30—35 м виявлені більші його скупчення у вигляді прошарків, в яких на поверхні звичайного за розмірами зразка налічують майже до 30 прекрасно огранених кристалів тетрагонтриоктаедричного габітусу розміром від 1—2 до 5 мм. З практичної точки зору найбільшої уваги заслуговують Новоселицький, Ворочевський і Киблярський прояви альмандинових гранатів.

Альмандиновий гранат — найпоширеніший мінерал у складі важких фракцій осадових порід, постійно трапляється у шліхових пробах з пухких відкладів. Вміст його дуже змінний. В осадових породах Передкарпатського прогину мінерал домінує [13]. Зокрема, в породах менілітової серії його середній вміст у важких фракціях коливається від 4,8 % у нижньоменілітових товщах до 23,3 % — у верхньоменілітових. Найвищі його кількості (до 30—40 %) виявлено у пісковиках. У породах інших світ вміст гранату менший. Досить високі концентрації мінералу характерні для осадових порід Закарпаття [12]. Тут у складі важких фракцій він може становити понад 50 %. Зокрема, у пісковиках пухівської світи крейди (розріз р. Теребля) кількість гранату становить від 24,8 до 87,2 % (середнє 60,5 %). Серед акцесорних мінералів важких фракцій флішових порід крейди і палеогену гранат розподілений дуже нерівномірно як у віковому діапазоні, так і по окремих структурно-фаціальних зонах [14]. У деяких зонах виявлено зростання вмісту гранату у важких фракціях з омоложенням віку. Наприклад, у Чорногорській зоні його міститься до 4 % у нижньокрейдяних відкладах, 40 — у верхньокрейдяних і 50 % — у палеогенових відкладах. Подібна тенденція спостерігається у породах Сухівської зони, де вміст гранату в нижньокрейдяних відкладах 25, у верхньокрейдяних (терешівська світа) — 80 % складу важкої фракції. Зворотна картина спостерігалась у Дуклянській зоні, де вміст гранату в нижньокрейдяних відкладах 50 %, у верхньокрейдяних не перевищує 8 %. Значно нижчий вміст гранату встановлено у палеогеновому фліші (від 4—5 до 35 % складу важкої фракції).

У Закарпатському прогині альмандиновий гранат формує розсипні прояви [15], серед яких добре вивчено розсипище Перечинського прояву [16].

Морфологія альмандинових гранатів магматичних і метаморфічних порід досить різноманітна. Добре сформовані кристали мають переважно ромбододекаедричний і тетрагонтриоктаедричний габітус. Ромбододекаедричні форми характерні для давніх метаморфічних порід, тетрагонтриоктаедричні — для молодих вулканітів, причому в останніх переважають найбільш ідеальні форми ізометричного обрису (рис. 5). Їх відповідні вершини нерідко зрізані невеликими гранями ромбічного додекаедра. Різноманітнішою є морфологія гранату в осадових відкладах (рис. 6). Тут трапляються як окремі кристали, так і їхні уламки, серед яких для Передкарпаття розрізняють такі різновиди: 1) кристали з формою ромбічного додекаедра; 2) кутасті уламки кристалів з раковистим зламом (поверхня їх іноді східчаста або шипоподібна); 3) напівобкочені і добре обкочені уламки кристалів. Найпоширеніші кутасті уламки кристалів. Серед них нерідкими є гранати зі східчастою черепицеподібною поверхнею, на яких гострокутні шипоподібні нарости розташовуються рядами або безладно (рис. 6).

Аналогічна морфологія гранату характерна для осадових утворень Закарпаття і флішу Складчастих Карпат.

Досить детально кристаломорфологічно досліджені гранати з Перечинського розсипища Закарпаття. Із 220 кристалів розміром 2—4 мм візуально установ-

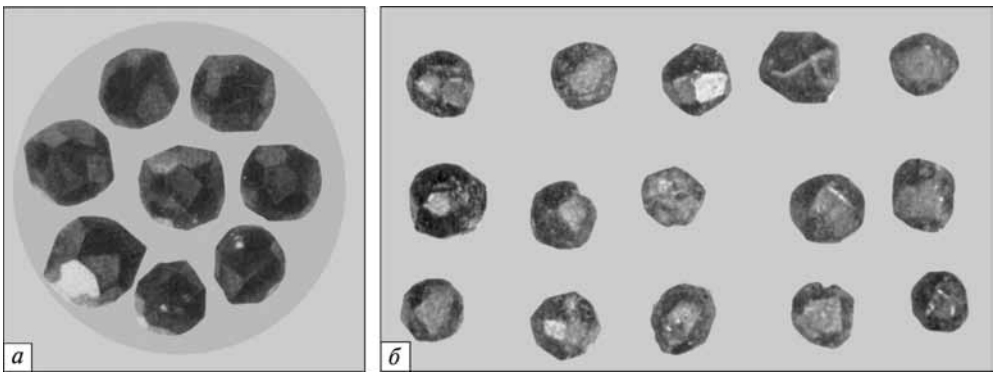

Рис. 5. Кристали альмандинового гранату з ліпарито-дацитових туфів (*а*) і плагіодацитів (*б*). ×5. За [9] (*а*) і [12] (*б*)

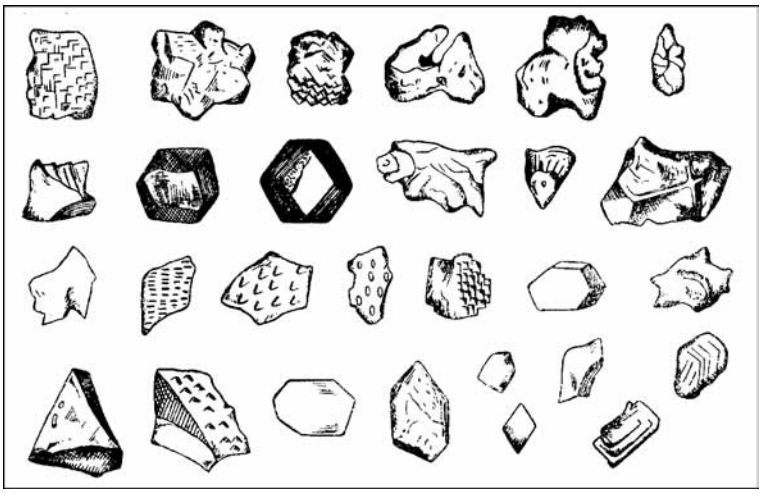

Рис. 6. Морфологія гранату з олігоценових і міоценових відкладів Карпат. За [13]

лено, що приблизно третина з них має характерну для гранатів форму плоскогранних індивідів, решта в результаті перетворень різного ступеня втратила початковий вигляд. Обрис їх переважно ізометричний, дуже рідко трапляються незакономірні зростки. В огранці беруть участь тільки дві прості форми: тетрагонтриоктаедр {211} і ромбододекаедр. Вони відповідно визначають габітусні типи, серед яких виділяють: ромбододекаедричний, тетрагонтриоктаедричний і перехідний з різним ступенем розвитку вказаних форм (рис. 7). Переважають кристали другого типу. Поверхні граней обох форм скульптуровані різними ростовими акцесоріями, морфологія окремих кристалів ускладнена індукційними поверхнями.

Більшість кристалів гранату зазнали механічних перетворень (тріщини), інтенсивного розчинення, яке проявилося у виникненні на гранях {110} численних негативних ромбічних пірамідок і трихітичних каналів — тонких волосоподібних форм порожнин травлення, що виникли на місці дефектів кристалічної структури мінералу. За зовнішнім виглядом такі кристали повністю втратили плоскі грані, покриті складногорбкуватою поверхнею і в цілому ніби “з’їдені віспою” [16].

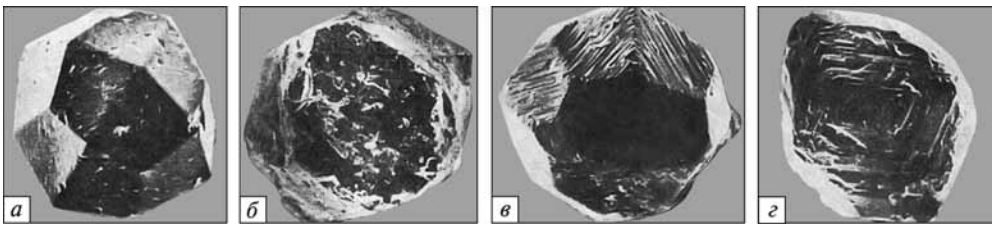

Рис. 7. Габітусні типи кристалів альмандину з розсипища Перечинського прояву:
а — тетрагонтриоктаедричний, зб. 33; *б* — ромбододекаедричний, зб. 27; *в*, *г* — перехідний {110}—{211}, зб. відповідно 28 і 24. За [16]

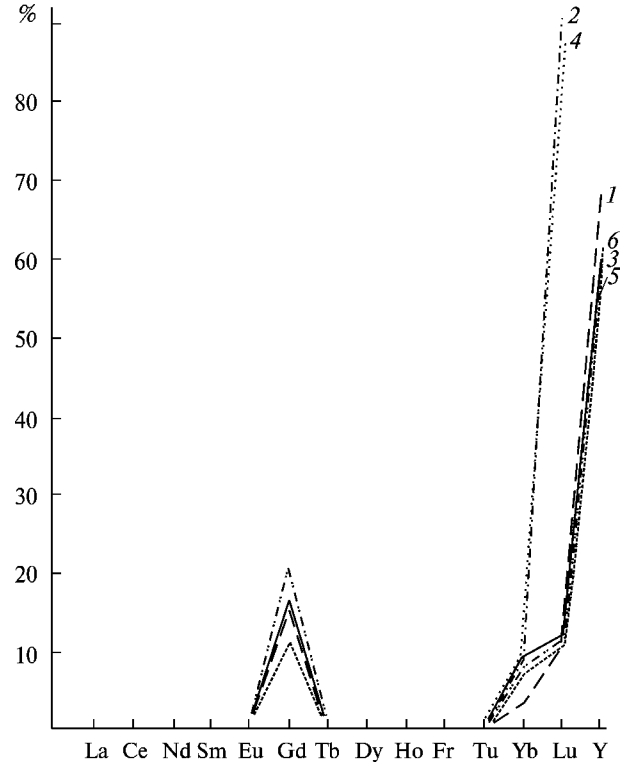

Рис. 8. Склад рідкісних земель в альмандинових гранатах з гранат-слюдяних сланців (*1*, *2*), плагіогнейсів (*3*), амфіболітів (*4*), граніто-гнейсів (*5*, *6*)

Хімічний склад альмандинових гранатів давніх метаморфічних і магматичних порід досить змінний (табл. 1). Головним компонентом є альмандин. Найвищі його кількості (68,0—82,2 %) характерні для різних за складом сланців білопотоцького комплексу, тоді як у сланцях діловецького комплексу вміст альмандинового міналу значно нижчий (64,1—70,8 %). У цих породах відмінним є вміст піропу, спесартину і кальцієвих компонентів. Найвищі концентрації піропового міналу властиві гранатам з двослюдяних гранат- і ставролітвмісних сланців (9,2—20,9 %), а спесартинового — для серицит-хлоритових сланців (13 %). У перших серед кальцієвих компонентів переважає гросуляр, у других — андрадит. Досить високий вміст кальцієвих компонентів (гросуляру й андрадиту) характерний для гранатів з амфіболітових сланців (4,7—14,5 і 2,6—32,6 %), двослюдяних плагіогнейсів (15,5—16,2 і 3,8—8,8 %), амфіболітів (20,0—27,3 і 3,1—8,3 %) і гранітогнейсів (35,8—43,6 і 2,8—5,0 %). Вони, очевидно, пов'язані з особливостями хімічного складу порід, хоча чіткої кореляційної залежності між вмістом кальцієвого компонента у гранаті і кількістю CaO у вмісній породі не зафіксовано. Дуже різко відхиляються в цьому відношенні гранати з гранітогнейсів типу Рареу-Чорний Див, які вирізняються найвищим вмістом кальцієвих компонентів, особливо

Таблиця 1. **Хімічний склад (%) і деякі фізичні характеристики альмандинових гранатів з Мармароського масиву**

Компонент, показник	1	2	3	4	5
SiO_2	36,65—37,85	36,20—37,69	36,16—37,60	36,27—37,42	37,45—37,56
TiO_2	0,10—0,58	0,07—1,18	0,07—1,43	0,06—1,28	0,12—0,32
Al_2O_3	19,99—22,33	20,30—23,17	18,88—21,66	17,55—21,19	20,48—20,57
Fe_2O_3	0,20—3,56	0,12—3,27	0,00—1,82	0,00—2,34	1,50—1,74
FeO	31,10—36,34	30,47—35,76	27,36—31,66	27,76—30,60	32,29—34,26
MnO	0,76—3,40	0,42—2,30	0,35—2,52	2,28—5,88	1,23—1,31
MgO	2,24—5,15	2,69—4,16	1,94—4,21	0,83—1,89	2,14—3,74
CaO	0,26—4,17	1,47—6,76	2,29—9,16	0,84—12,60	1,35—2,37
Na_2O	0,05—0,23	0,05—0,30	0,10—0,30	0,15—0,16	0,19—0,20
K_2O	0,00—0,28	0,05—0,60	0,14—0,40	0,10—0,30	0,07—0,11
H_2O^-	0,00—0,20	0,00—0,10	0,00—0,32	0,20	0,04—0,05
H_2O^+	0,00—0,55	0,08—0,58	0,00—1,11	0,00—0,37	0,04—0,10
Сума	99,69—100,44	99,71—100,43	99,69—100,43	99,99—100,18	99,99—100,01
к. а.	18	12	7	2	2
Альмандин	70,8—82,2	68,0—79,9	64,1—70,8	55,9—79,3	74,0—80,2
Піроп	+9,2—20,9	9,3—20,6	8,1—12,2	3,6—6,8	12,2—15,4
Спесартин	1,0—7,7	0,9—5,3	0,8—5,5	4,7—14,5	2,8—3,1
Гросуляр	0,8—9,0	0,7—19,1	8,2—24,6	2,6—32,6	0,00—3,4
Андрадит	0,00—5,2	0,00—4,3	0,00—2,4	—	0,00—4,8
Густина, г/см^3	4,026—4,220	3,964—4,100	3,990	4,080	—
n	1,794—1,810	1,790—1,810	1,795—1,800	1,794	—
a, нм	1,1501—1,1519	—	—	—	—

П р и м і т к а . Рахівське відгалуження масиву, *сланці*: 1 — двослюдяні ставроліт-гранатові, 4 — амфіболітові, 5 — двослюдяні і біотитові, 6 — серицит-хлоритові; Чивчинське відгаліти; 10 — гранітогнейси типу Рареу-Чорний Див; 11 — плагіограніти. 1—4 — за [2]; 5 — за [7];

гросуляру. Дещо своєрідним виявився хімічний склад альмандинового гранату з плагіогранітів, для якого характерний підвищений вміст піропу (22,9 %). Незважаючи на широкі варіації хімічного складу гранату з давніх метаморфічних і магматичних порід Мармароського масиву, він у цілому не виходить за межі піроп-альмандинового мінерального виду, за класифікацією М.В. Соболєва [17], з різновидами малокальцієвими та із суттєвим і високим вмістом кальцію.

Напівкількісним спектральним аналізом у давніх альмандинових гранатах виявлено, %: Ag 0—0,0003; B 0—0,0004; Ba 0,01; Co 0,0003—0,01; Cr 0,001—0,005; Cu 0,0001—0,001; Ga 0—0,003; Mo 0—0,003; Nb 0—0,001; Ni 0,0001—0,0005; Pb 0,03; Sc 0,001—0,003; Sr 0—0,03; V 0,001—0,005; Y 0,003—0,005; Zn 0—0,01; Zr 0,008—0,03. Кількісним спектральним аналізом у складі альмандинових гранатів установлені рідкісноземельні елементи та скандій. Із рідкісноземельних елементів різко переважають ітрій та елементи його групи (ітербій і лютецій), що характерно для гранатів: невеликий максимум спостерігається на кривій гадолінію (рис. 8). Нижчий вміст ітрію в гранатах з підвищеною кількістю кальцієвого компонента підтверджує припущення, що рідкісноземельні елементи частіше заміщують Fe^{2+} у шестерній координації, ніж Ca^{2+} [18]. Сумарний вміст TR_2O_3 в альмандинових гранатах коливається від 0,022 до 0,089 % за переважання ітрію (0,02—0,06 %).

Вміст Sc_2O_3 коливається від 0,0067 до 0,17 %. Найнижчі його кількості (0,0067—0,0074 %) характерні для гранатів з гранітогнейсів, збагачених кальцієвими компонентами, найвищі (0,17 %) — для гранатів з плагіогранітів, у

метаморфічних і магматичних порід Рахівського і Чивчинського відгалужень

6	7	8	9	10	11
38,30	40,05	37,58—39,35	37,48—38,62	36,84—38,44	37,10
0,50	0,36	0,42—0,65	0,40—0,78	1,12—1,15	0,60
13,60	18,97	18,15—20,49	19,32—20,42	20,70—21,02	20,41
10,86	2,64	2,81—2,94	1,82—6,81	4,96—5,69	9,40
20,15	27,20	25,20—26,12	21,20—23,42	12,34—15,66	28,10
5,25	1,65	0,05—0,98	1,75—2,45	1,08—2,80	0,74
3,45	2,21	2,93—3,89	1,45—2,00	2,47—2,97	5,37
1,25	5,65	6,47—9,18	9,19—10,70	13,44—15,78	3,34
0,27	0,14	0,12—0,20	0,00—сліди	0,28—0,43	0,22
0,60	0,15	0,04—0,12	—	0,43—0,60	0,54
—	0,22	0,36—1,03	0,02—0,22	0,78—1,66	0,38
0,08	0,96	0,20—0,30	0,63—1,12	0,38—0,44	—
100,31	100,20	99,68—100,0	99,64—100,46	100,30—100,66	100,29
1	1	2	2	2	1
66,0	68,2	58,6—62,6	55,0—61,5	38,0—44,1	66,4
5,0	9,8	12,1—15,8	6,0—8,2	10,0—12,6	22,0
13,0	4,0	2,4—4,2	4,2—5,4	2,5—6,2	1,8
—	—	15,5—16,2	20,0—27,3	35,8—43,6	4,2
14,0	9,0	3,8—8,8	3,1—8,3	2,8—5,0	5,6
—	—	—	—	—	—
1,804	1,802	1,789	1,799	1,782	—
—	1,1544	1,1589—1,1590	1,1606—1,1634	1,1702—11,750	1,1555

2 — слюдяні гранатвмісні, 3 — слюдисто-хлоритові, хлорит-біотитові і хлорит-мусковітові, луження масиву: 7 — мусковіт-гранатові сланці; 8 — двослюдяні плагіогнейси; 9 — амфібо-6 — за [3]; 7—11 — за [4—6].

складі яких переважають залізистий і магнезіальний компоненти. Ця закономірність випливає з того, що Sc у кристалічній ґратці гранату легше може заміщувати Fe.

Досить сталим є хімічний склад гранату з неогенових вулканітів Закарпаття (табл. 2). У ньому за переважання альмандинового міналу (66,2—73,0 %) характерний підвищений вміст кальцієвих компонентів у порівняно близьких кількостях гросуляру (11,8 %) та андрадиту (6,5—9,3 %) і невисокий — піропу (7,7—9,8 %). Цікавим виявився хімічний склад гранату з Перечинського розсипища. Всі вони відповідають альмандину зі змінним вмістом піропового, спесартинового, гросулярового і андрадитового міналів. У дуже незначних кількостях наявний уваровітовий компонент (0,00—0,45 %). За вмістом цих компонентів і структурно-морфологічними ознаками аналізовані кристали гранату однозначно поділяють на два типи [16].

Альмандин I типу – ромбододекаедричні кристали із пониженим вмістом Ca-компонента. Вони близькі до гранатів із гранітів і кислих ефузивів, бідних на кальцій [17]. У Закарпатті альмандин такого складу в корінних породах не установлено. Важлива особливість гранату цього типу — його хімічна зональність, яка виявляється у поступовому збільшенні залізистості (зменшенні манганистості) з переходом від центра до периферії кристалів. Вміст кальцію і магнію в цьому напрямку змінюється також, але не суттєво і по-різному. Щодо кальцієвих міналів, то в одних кристалах від центра до периферії збільшується вміст андрадиту (зменшується гросуляру), в інших навпаки. Хімічна зональність пояснюється проявами ізоморфних заміщень $Fe^{2+} \leftrightarrow Mn$ і $Fe^{3+} \leftrightarrow Al$, які змінювали свою інтенсивність у процесі росту.

Таблиця 2. **Хімічний склад (%) і деякі фізичні характеристики альмандинових гранатів з неогенових вулканітів Вигорлат-Гутинського пасма Закарпаття**

Компонент, показник	1	2	3
SiO_2	39,71	37,87	36,52
TiO_2	0,35	0,39	0,13
Al_2O_3	17,13	18,34	18,34
Fe_2O_3	4,32	1,60	3,87
FeO	29,92	31,03	27,39
MnO	0,11	1,35	1,25
MgO	1,85	1,84	2,28
CaO	6,14	6,58	6,89
H_2O	н.в.	0,76	н.в.
P_2O_5	0,16	0,27	н.в.
Сума	99,69	100,03	96,87
Альмандин	73,0	70,7	66,2
Піроп	8,0	7,7	9,8
Спесартин	—	3,3	2,9
Гросуляр	—	11,8	11,8
Андрадит	—	6,5	9,3
Густина, г/см^3	4,05	4,10	—
n	1,809	1,812	1,821
a, нм	1,1572	1,1573	—

Примітка. 1 — ліпарито-дацитовий туф, с. Ворочеве, за [9]; 2 — ліпаритовий туф, с. Новоселиця, за [8]; 3 — ліпарито-дацитовий туф, с. Кибляри, за [11].

Альмандин II типу — кристали тетрагонтриоктаедричного габітусу з підвищеним вмістом кальцію: сумарна кількість гросулярового і андрадитового міналів перевищує 17 %. Такого складу і такої морфології альмандин наявний в описаних вище кислих вулканітах Закарпаття (табл. 2). Ці кристали мають більш сталий хімічний склад, серед них не виявлені кристали з чіткою хімічною зональністю.

Рентгенометричні характеристики альмандинових гранатів з давніх метаморфічних і магматичних порід (див. табл. 1) досить змінні і тісно залежать від їх хімічного складу. Зокрема, чітко спостерігається збільшення параметра елементарної комірки зі зростанням у складі гранату кальцію (рис. 9). Найнижчі значення характерні для гранату з двослюдяних ставроліт-гранатових сланців (1,1501—1,1519 нм), найвищі — для гранату з гранітогнейсів типу Рареу-Чорний Див (1,1702—1,1750 нм). Досить високими є ці параметри в гранатах з двослюдяних плагіогнейсів (1,1589—1,1590 нм) і амфіболітів (1,1606—1,1634 нм). Дещо підвищені значення параметрів елементарної комірки властиві альмандиновим гранатам з молодих вулканітів (1,1572—1,1573 нм), для яких характерний високий вміст кальцієвих компонентів (див. табл. 2). Істотно розрізняються за параметрами елементарної комірки різні морфологічні типи кристалів альмандину з розсипищ, що різняться за вмістом кальцієвих компонентів: I тип (ромбододекаедричного габітусу) — 1,1546—1,1547 нм; II тип (тетрагонтриоктаедричного габітусу) — 1,1596—1,1599 нм.

Фізичні властивості альмандинових гранатів теж змінні. Забарвлення їх рожеве, рожево-червоне, рожево-сіре, рожево-буре, жовто-буре, темно-сіре, іноді майже чорне. Нерідко різноманітність у забарвленні спостерігається навіть у межах одного кристала. Місцями вона пов'язана з порошкуватими включеннями непрозорих рудних мінералів і мікрокристалів рутилу, апатиту, бульбашок газу, рідини тощо, а також зі ступенем вторинних змін. Подекуди трапляються зерна гранату із зональною будовою, зумовленою паралельним розміщенням дуже тонких прошарків сірувато-чорного кольору. Тон кольору гранатових зон у багатьох зернах неоднаковий. Очевидно, це зони росту з присипками порохоподібних часточок рудних мінералів або вуглистої речовини. У деяких фракціях осадових порід виявлені зерна зі слідами оптичних аномалій. Густина мінералу з метаморфічних і магматичних порід змінюється від 3,964 до 4,220 г/см^3, показник заломлення — від 1,782 до 1,821 (див. табл. 2). Найнижчі значення показника заломлення характерні для гранату з двослюдяних плагіогнейсів, амфіболітів і гранітогнейсів (1,782—

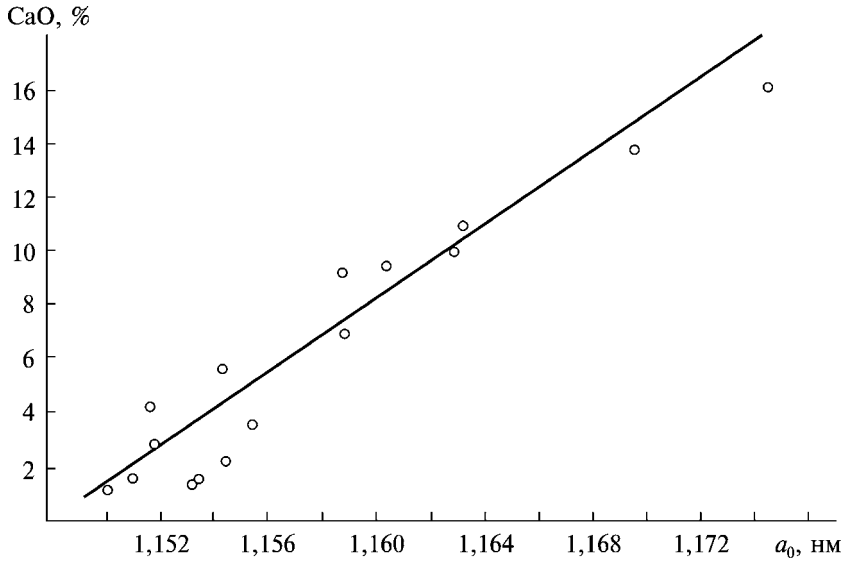

Рис. 9. Залежність параметра елементарної комірки альмандинових гранатів від вмісту CaO

1,799), у складі яких вміст кальцієвих компонентів найвищий. Найвищими (1,803—1,830) є показники заломлення гранатів з порід крейдяно-палеогенового флішу.

Оптико-спектроскопічні і колориметричні дослідження альмандину з Перечинського розсипища підтвердили існування двох типів кристалів, що розрізняються за вмістом і співвідношенням центрів забарвлення Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Ti^{4+} [16]. Для альмандину I типу характерне світло-рожеве (світло-червоне), світло-оранжево-червоне і світло-рожево-оранжеве забарвлення, яке зумовлене комбінацією центрів $Fe^{2+}_{VIII} + Mn^{2+}_{VIII} + Fe^{3+}_{VI}$. Його колориметричні параметри такі: λ_K = 516,1—645,2 нм; P_C = 0,147—0,370 відн. од. Другий тип кристалів альмандину є незвичайним за густо-червоно-оранжевим (рідко буровато-червоно-оранжевим) забарвленням, за спектрами оптичного поглинання на той час не було аналогів серед гранатів такого (або близького) складу [16]. Їх головна особливість — домінуючий вплив на забарвлення Fe^{3+} і Ti^{4+}. В оптичних спектрах зафіксовано слабкі смуги поглинання оптично активних центрів Mn^{2+}_{VIII}, Fe^{3+}_{VI} і Fe^{2+}_{VIII}. У цьому типі гранату відмінними є і колориметричні параметри: λ_K = 586,6—593,6 нм; P_C = = 0,617—0,938 відн. од.

Альмандинові гранати в Українських Карпатах мають головно *магматичне* і *метаморфічне походження*. У вулканітах Закарпаття всі дослідники відносять гранати до первинних магматичних утворень, вони росли і кристалізувалися за високих тисків, на значній глибині в інтрателуричних умовах [8]. У давніх метаморфічних і магматичних комплексах гранати утворювалися за дещо відмінних термодинамічних параметрів. На зведеній діаграмі полів складу піроп-альмандинових гранатів (рис. 10) фігуративні точки більшості досліджуваних гранатів лягають у поле епідот-амфіболітової фації. Винятком є гранати, збагачені кальцієм, точки яких попадають у поле амфіболітової і навіть гранулітової фацій. Їх склад у цьому випадку залежить від хімічного складу вмісних порід або ж пов'язаний з іншою генетичною (можливо, метасоматичною) природою мінералу.

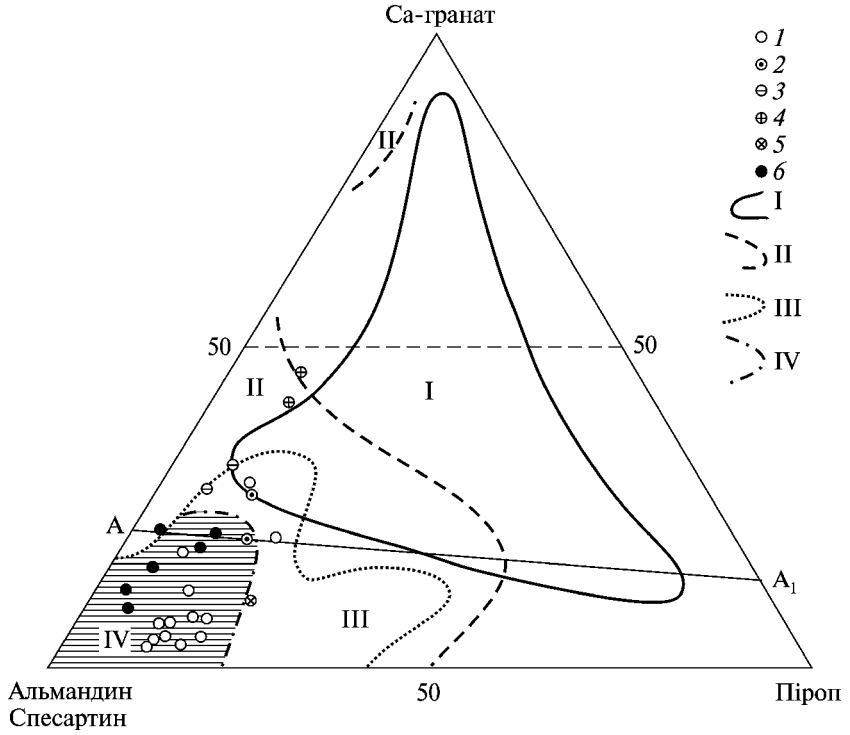

Рис. 10. Положення мармароських гранатів на зведеній діаграмі полів складу піроп-альмандинових гранатів з різних фацій метаморфізму, за М.В. Соболєвим [19]:
1 — сланці; *2* — гнейси; *3* — амфіболіти; *4* — гранітогнейси; *5* — плагіограніти; *6* — залізо-манганові рудопрояви. *Фації*: I — еклогітова (разом із гроспідитами); II — гранулітова (разом із кальцієвими гранатами); III — амфіболітова (разом з фацією дистенових сланців); IV — епідот-амфіболітова і роговикова

За результатами вивчення включень у гранаті з порід білопотоцького комплексу встановлено температурний інтервал його кристалізації в межах 550—665 °С, що відповідає епідот-амфіболітовій фації; цей самий інтервал підтверджено і за гранат-біотитовим геотермометром Л.Л. Перчука [20, 21]. За нижчих термодинамічних параметрів утворювались альмандинові гранати діловецького комплексу, який формувався в умовах зеленосланцевої фації метаморфізму, що підтверджується підвищеним вмістом у гранаті цих порід спесартинового і кальцієвого компонентів.

В осадових породах альмандиновий гранат є типовим теригенним мінералом. Тут дискусію викликали зерна гранату зі своєрідною східчастою (черепицеподібною) поверхнею. Одні дослідники пов'язували її з ростом у процесі формування осадових порід, інші відкидали можливість регенерації гранату в умовах земної поверхні і вважали, що східчастість виникла ще в самих вивержених і метаморфічних породах. Остання точка зору була підтверджена виявленням гранатів зі східчастою поверхнею серед метаморфічних порід Рахівського масиву [22]. Звідси зроблено висновок, що в осадові породи попадали гранати з готовою скульптурою зерен [23].

У розсипищах Перечинського району виявлено два типи кристалів альмандину, які вирізняються не лише морфологією, хімічним складом, параметрами елементарної комірки, оптико-спектроскопічними і колориметричними характеристиками та забарвленням, а й різними твердофазовими включеннями. У низькокальцієвих різновидах гранату I типу включення

рідкісні, дуже малі за розмірами і представлені ільменітом і кварцом. В альмандині II типу включень значно більше і серед них домінує циркон. Всі ці дані засвідчують неоднакові первинні умови їх формування, зокрема зародження і росту. Першоджерелом кристалів альмандину II типу, як уже зазначалося вище, слугували неогенові вулканіти Закарпаття, в яких трапляються близькі за складом і властивостями альмандинові гранати. Відносно одноманітні розміри, обрис, зовнішня морфологія і внутрішня анатомія кристалів II типу засвідчують їх однакові (близькі) умови зародження і росту. Швидкість росту індивідів була, очевидно, досить високою, оскільки концентрація лінійних дефектів у них велика. Саме по цих дефектах у процесі вивітрювання розвивались трихітичні канали, тріщини, які погіршували якість кристалів як ювелірної сировини. Для кристалів альмандину I типу, які становлять незначну кількість (перші проценти) у загальній масі розсипищ, поки що невідомі аналоги в корінних породах. Тому їх походження залишається гіпотетичним. Кристали росли у менш стабільних умовах і, очевидно, з меншою швидкістю, що виявилось в їх хімічній неоднорідності і в іншій концентрації точково-лінійних дефектів. У зв'язку з цим допускають, що кристали альмандину I типу могли утворюватись у глибинних джерелах кислої магми, після виверження на поверхню [16].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Данилович Ю.Р.* Пироп-альмандиновые гранаты из кристаллических сланцев Раховского массива // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. Укр. отд-ние. — Киев: Наук. думка, 1966. — С. 53—57.
2. *Данилович Ю.Р.* Породообразующие минералы и метаморфизм кристаллического фундамента Украинских Карпат. — Киев: Наук. думка, 1988. — 167 с.
3. *Лавренко Е.И.* Гранат из пород метаморфического комплекса Советских Карпат // Минерал. сб. Львов. ун-та. — 1967. — № 21, вып. 2. — С. 212—213.
4. *Матковский О.И.* Альмандиновые и спессартиновые гранаты в древнейших метаморфических образованиях Украинских Карпат // Там же. — 1970. — № 24, вып. 1. — С. 69—75.
5. *Матковский О.И.* Минералогия и петрография Чивчинских гор (Украинские Карпаты). — Львов. Изд-во Львов. ун-та, 1971. — 224 с.
6. *Матковский О.И.* Минералогия и условия образования древних эндогенных комплексов Мармарошского массива (Восточные Карпаты): Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — Киев, 1975. — 42 с.
7. *Ненчук Н.Ф.* Минералогические особенности и генезис метаморфического комплекса Раховского массива: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Львов, 1970. — 20 с.
8. *Соболев В.С., Спитковская С.М., Эпштейн Р.Я.* Первичный магматический гранат (альмандин) в дацитах Закарпатской области // Минерал. сб. Львов. ун-та. — 1955. — № 9. — С. 316—319.
9. *Костюк В.П.* Минералогическая характеристика магматического граната в вулканитах Закарпатья // Там же. — 1958. — № 12. — С. 280—296.
10. *Костюк В.П.* Геолого-петрографічний нарис магматизму Карпат. — К.: Вид-во АН УРСР, 1961.
11. *Малеев Е.Ф.* Новые находки магматического граната в Закарпатье // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1962. — № 7. — С. 150—156.
12. *Лазаренко Е.К., Лазаренко Э.А., Барышников Э.К., Малыгина О.А.* Минералогия Закарпатья. — Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1963. — 614 с.
13. *Лазаренко Є.К., Габінет М.П., Сливко О.П.* Мінералогія осадових утворень Прикарпаття. — Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1962. — 481 с.
14. *Афанасьева И.М., Гамарник М.Я., Литовченко Е.И. и др.* Минеральные ассоциации флишевых комплексов Советких Карпат / АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. — Препр. — Киев, 1981. — 63 с.
15. *Характеристика* минерально-сырьевой базы камнецветного сырья Украины: Методические рекомендации / Под ред. Н.А. Ломаева, Л.С. Галецкого. — Киев: Изд-во об-ва "Знание", 1991. — 16 с.

16. *Павлишин В.И., Панченко В.В., Квасница В.Н. и др.* Два типа кристаллов альмандина в россыпях Закарпатья (Перечинский район) // Минерал. журн. — 1992. — **14,** № 5. — С. 34—44.
17. *Соболев Н.В.* Парагенетические типы гранатов. — М.: Наука, 1964. — 220 с.
18. *Ляхович В.В.* Акцессорные минералы. Их генезис, состав, классификация, индикаторные признаки. — М.: Недра, 1968. — 468 с.
19. *Фации* метаморфизма / Под ред. В.С. Соболева. — М.: Недра, 1970. — 432 с.
20. *Матковский О.И.* Термодинамические и фациальные условия метаморфического минералообразования в кристаллическом фундаменте Украинских Карпат // Минерал. сб. Львов. ун-та. — 1973. — № 27, вып. 1. — С. 10—25.
21. *Геология* и полезные ископаемые Украинских Карпат. Ч. 2 / Под общ. ред. Я.О. Кульчицкого и О.И. Матковского. — Львов: Вища шк., 1977. — 220 с.
22. *Соболев В.С., Вартанова Н.С., Шайнюк А.* Проблема роста зерен граната // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. — 1951. — Ч. 80, вып. 2. — С. 257—259.
23. *Гуржий Д.В., Ткачук Л.Г.* О ступенчатой (черепитчатой) форме гранатов // Минерал. сб. Львов. ун-та. — 1959. — № 13. — С. 65—72.

Надійшла 26.05.2009

O.I. Matkovs'ky

ALMANDINE GARNETS IN THE GEOLOGICAL COMPLEXES OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

Morphology, chemical composition, structure, physical properties and genesis of almandine garnets from magmatic, metamorphic and sedimentary complexes of the Ukrainian Carpathians are analysed. Some typomorphic properties of almandine are the indicators of mineral growth peculiarities and of thermodynamic and facial conditions of its formation.