



УДК 549.621.98(477)

О. А. Вишневський

Про першу знахідку зонального піропу в осадовому чохлі Українського щита

(Представлено членом-кореспондентом НАН України Р. Я. Белевцевим)

Схарактеризовано першу знахідку зонального піропу в теригенних відкладах України. Зерно розміром $\sim 0,3 \times 0,4$ мм є фрагментом крупнішого індивіда та хімічно негомогенне. Від краю до краю в ньому закономірно збільшується вміст FeO (від 8,6 до 11,6%) і відповідно зменшується вміст MgO (від 20,6 до 17,8%). При цьому концентрація інших індикаторних елементів (Ti, Ca, Cr) залишається незмінною. За результатами аналізу отриманих даних було зроблено висновок, що його корінними джерелами могли бути кімберліти або гранатові перидотити ультраметаморфічних комплексів. Тиск і температура кристалізації піропу становили близько 2,0 ГПа та 800–850 °С. Що стосується встановленої в ньому зональності, то остання, найімовірніше, є результатом його посткристалізаційного субсолідусного перетворення в материнських породах при порівняно високих температурах і тиску.

Піроп є одним з найвивченіших акцесорних мінералів, поширених у різновікових осадових породах України. Вважалося [1 та ін.], що його материнськими породами могли бути виключно кімберліти, з якими в різних регіонах світу пов'язані родовища алмазів. В Україні було відкрито піропвмісні не алмазоносні породи, визначені як кімберліти, зокрема в Приазов'ї. Незважаючи на тривалі пошуки, в інших регіонах (на Волині, в Побужжі, Придністров'ї) корінні джерела детритових піропів й дотепер не виявлено [1]. А отже, питання про їх походження в межах цих територій залишається відкритим. Відзначимо, що останнім часом з'явилися достатньо обгрунтовані припущення про їх можливий некімберлітовий генезис [2, 3].

На сьогодні піропи з вторинних колекторів України вивчено достатньо детально, тому, користуючись традиційними методами дослідження, виявити в них щось нове майже неможливо. Втім, як з'ясувалось, це не так і свідченням тому є знахідка магнезійного гранату з досить незвичним хімічним складом.

© О. А. Вишневський, 2014

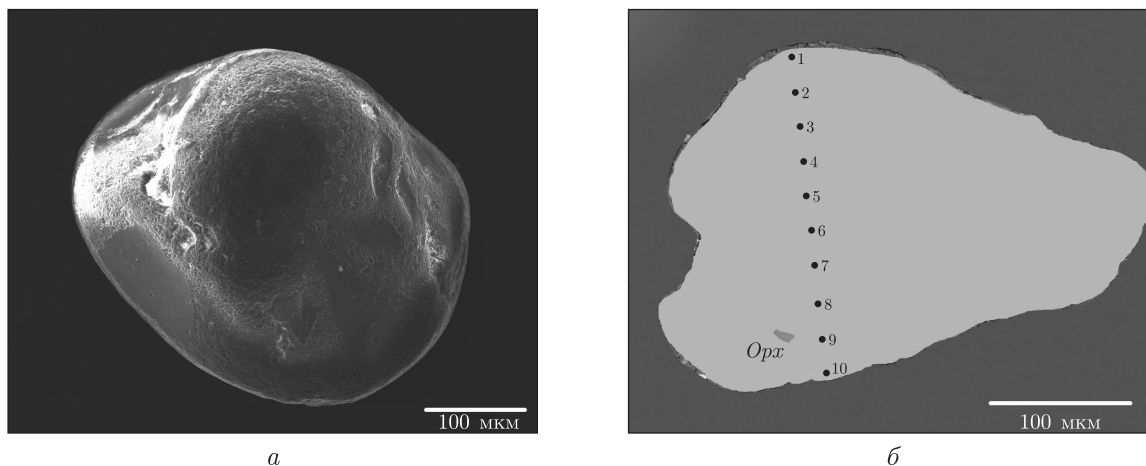


Рис. 1. Зональний піроп із руслового алювію середньої течії р. Уборть (РЕМ-знімки): *a* — загальний вигляд; *б* — полірований зріз (точки аналізу 1–10 на мікрофотографії відповідають номерам аналізів у табл. 1; *Orx* — включення ортопіроксену)

Об'єктом нашого дослідження були піропи з руслового алювію середньої течії р. Уборть. Здебільшого це середньозношені зерна розміром 0,3–0,5 мм, кутастої, рідше округлої, форми з шорсткими й притертими ребрами та дрібногорбкуватою або тонкоматованою, а на сколках — гладкою блискучою поверхнею. Переважна їх більшість належить до категорії низько- й середньохромових помірно кальцієвих (Cr_2O_3 1,6–5,5%, CaO 4,2–4,9%, f 0,16–0,19) та, найімовірніше, відноситься до лерцолітового парагенезису. Отже, у вивченій пробі маємо піропи, що є типовими для різновікових теригенних відкладів, поширених на території правобережної України.

У периферійній частині одного із зразків (ВП-61) під мікросондом було виявлено мікровключення ортопіроксену (рис. 1; табл. 1). Подальше ретельне дослідження відкрило ще одну, вельми неочікувану його особливість. Склад піропу, що виміряний у кількох точках, виявився дещо відмінним, зокрема за вмістом заліза та магнію. Зважаючи на це, додатково було виконано серію аналізів по профілю через зерно (див. рис. 1). Згідно з отриманими нами результатами, склад мінералу змінюється цілком закономірно, а отже, він є хімічно зональним (див. табл. 1). У напрямі від одного краю зерна до іншого в ньому поступово зменшується вміст магнію і навпаки збільшується вміст заліза, а під кінець ще й марганцю. Відповідно змінюються показник залізистості та вміст піропового й альмандинового компонентів. При цьому концентрація інших індикаторних елементів — Ti , Ca , Cr і відповідно андрадитового, grosularового та уваровітового мінералів залишається практично незмінною.

Зауважимо, що раніше зональні піропи в теригенних відкладах України не відзначались. Принаймні в літературних джерелах будь-які згадки, а тим більше дані про них відсутні. Тому треба визнати, що це перша така знахідка, яка безперечно заслуговує на увагу.

На даний час зональні піропи були виявлені в кімберлітах, мантійних ксенолітах із них [4–6] та масивах гранатових перидотитів [7–10]. Як свідчить порівняльний аналіз, при певній схожості вони все ж таки дещо відрізняються між собою. Особливістю перших є різноманітність схем зональності, що проявляється за вмістом Cr , Ti , Ca , Mg , Fe , Al (за кількома або всіма елементами одночасно) і в більшості випадків має складний, часом нерегу-

Таблиця 1. Мікрозондові аналізи зонального піропу (№1–10) та включення в ньому ортопіроксену (№ 11) (зразок ВП-61)

| Компонент | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11* |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Масова частка, % | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 41,62 | 41,95 | 41,84 | 41,89 | 42,02 | 41,42 | 41,37 | 41,33 | 41,65 | 41,56 | 52,37 |
| TiO ₂ | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,41 | 0,44 | 0,45 | 0,49 | 0,48 | 0,43 | 0,48 | 0,20 |
| Al ₂ O ₃ | 22,55 | 21,88 | 22,21 | 21,84 | 21,97 | 22,43 | 21,77 | 22,24 | 21,94 | 21,69 | 7,47 |
| Cr ₂ O ₃ | 1,62 | 1,54 | 1,60 | 1,69 | 1,59 | 1,57 | 1,72 | 1,71 | 1,65 | 1,60 | 0,42 |
| FeO | 8,58 | 9,04 | 9,02 | 9,40 | 9,59 | 9,69 | 9,97 | 10,26 | 10,93 | 11,64 | 6,39 |
| MnO | 0,30 | 0,28 | 0,40 | 0,31 | 0,30 | 0,37 | 0,41 | 0,52 | 0,51 | 0,79 | 0,11 |
| MgO | 20,58 | 20,45 | 20,15 | 20,25 | 19,90 | 19,62 | 19,64 | 19,04 | 18,57 | 17,79 | 32,47 |
| CaO | 4,30 | 4,41 | 4,33 | 4,21 | 4,19 | 4,45 | 4,63 | 4,42 | 4,32 | 4,45 | 0,53 |
| Молекулярна частка, % | | | | | | | | | | | |
| Піроп | 72,6 | 72,3 | 71,4 | 71,7 | 70,7 | 69,6 | 69,8 | 67,9 | 66,5 | 64,1 | |
| Альмандин | 15,9 | 15,9 | 16,8 | 16,9 | 18,0 | 18,2 | 17,5 | 19,7 | 21,3 | 22,7 | |
| Спесартин | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 1,6 | |
| Андрадит | 2,9 | 4,3 | 2,9 | 3,8 | 2,8 | 2,8 | 4,8 | 2,5 | 2,1 | 2,6 | |
| Гросуляр | 3,5 | 2,6 | 3,6 | 2,2 | 3,4 | 4,1 | 2,1 | 3,9 | 4,3 | 4,4 | |
| Уваровіт | 4,5 | 4,3 | 4,5 | 4,8 | 4,5 | 4,4 | 4,9 | 4,9 | 4,7 | 4,6 | |
| f^{**} | 0,190 | 0,199 | 0,201 | 0,207 | 0,213 | 0,217 | 0,222 | 0,232 | 0,248 | 0,269 | 0,100 |
| Ca [#] | 0,109 | 0,111 | 0,110 | 0,106 | 0,106 | 0,113 | 0,117 | 0,114 | 0,112 | 0,116 | |

* Середнє з 5 аналізів; до складу входить 0,04% Na₂O. ** $f = \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$; Ca[#] = Ca/(Ca + Mg + Fe).

лярний, характер. Причому зерна можуть бути як повністю, так і частково негомогенними. Серед піропів із перидотитових масивів так само зустрічаються як повністю, так і частково зональні. В той самий час їм у порівнянні з кімберлітовими властивий менш складний характер зональності. Як правило, зональність у них проявляється тільки по Mg й Fe. І лише в кількох масивах зафіксовано нечисленні піропи з зональним розподілом Cr, Ca, Mg й Fe.

Як було вказано вище, зерно піропу має чітко виражену хімічну зональність. Утім, воно є лише фрагментом крупнішого індивіда, причому невідомо, яка за розміром його частина (половина, чверть тощо) і з якої зони (центральної, проміжної або периферійної). Тому ми не в змозі визначити, як і якою мірою змінювався хімічний склад первинного, незруйнованого зерна (залізистість зростала або знижувалась у напрямі від центра до периферії і наскільки). А це, в свою чергу, унеможливорює повноцінну генетичну інтерпретацію досліджуваного зразка й дозволяє висловити лише найзагальніші міркування з приводу його походження.

За загальними особливостями хімічного складу (магнезіальність, вміст Cr, Ti й Ca) вивчений піроп подібний до піропів з ряду порід, а саме: кімберлітів, лампроїтів, карбонатитів, лампрофірів, гранатових перидотитів тощо. Однак виявлена в ньому зональність дає змогу істотно зменшити перелік його імовірних першоджерел. Як було нами зазначено, на даний час зональні піропи встановлені лише в кімберлітових діатремах та масивах гранатових перидотитів. Зважаючи на це, саме ці геологічні утворення і мають розглядатись як можливі корінні джерела дослідженого зразка.

Для оцінки *PT*-умов утворення вивченого піропу було використано серію відомих геобарометрів та геотермометрів [11–14 та ін.]. Виконані розрахунки показали, що тиск і температура його кристалізації могли становити близько 2,0 ГПа та 800–850 °С.

Брак наявної інформації про досліджуваний піроп не дозволяє поки що робити обґрунтовані висновки стосовно походження в ньому зональності. Можемо лише припустити, що в зразку ВП-61, як і в піропах з подібною Fe–Mg зональністю з кімберлітів та гранатових перидотитів, вона найімовірніше також має не ростову, а дифузійну природу. Мається на увазі її утворення не впродовж кристалізації індивіда, а в процесі його подальшого субсолідусного перетворення в материнських породах при досить високих *PT*-параметрах.

Імовірно ще одним свідченням посткристалізаційного субсолідусного перетворення вивченого піропу є встановлені в ньому мікровключення ортопіроксену. Зважаючи на особливості морфології та хімічний склад останніх, вони найімовірніше є продуктами розпаду піропової матриці, яка їх вміщує.

Таким чином, вперше серед піропів із різновікових теригенних відкладів України виявлено зерно з чітко проявленою хімічною зональністю. На жаль, природа останньої залишається поки що не з'ясованою. Проте вже сама знахідка гранату з вказаними особливостями є, без сумніву, дуже цінною та матиме важливе значення у вирішенні питання про походження піропів із осадових порід на території правобережної України.

1. Гейко Ю. В., Гурский Д. С., Лыков Л. И. и др. Перспективы коренной алмазоносности Украины. – Киев; Львов: Центр Европы, 2006. – 223 с.
2. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – Москва: Недра, 2001. – 428 с.
3. Вишневецький О. А., Павлюк О. В., Павлюк В. М. Піропи із середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя (Україна) // Мінерал. журн. – 2012. – 34, № 1. – С. 25–34.

4. *Соболев Н. В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. – Новосибирск: Наука, 1974. – 261 с.
5. *Лазько Е. Е., Серенко В. П.* Перидотиты с зональными гранатами из кимберлитов Якутии: свидетельство высокотемпературного глубинного метасоматоза и внутримантийного диапиризма? // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1983. – № 12. – С. 41–53.
6. *Smith D., Boyd F.R.* Compositional zonation in garnets in peridotite xenoliths // Contrib. Mineral. Petrol. – 1992. – **112**. – P. 134–147.
7. *Brueckner H. K., Medaris L. G.* A general model for the intrusion and evolution of “mantle” garnet peridotites in high-pressure and ultra-high-pressure metamorphic terranes // J. Metamorphic Geol. – 2000. – **18**, No 2. – P. 123–133.
8. *Song S. G., Niu Y. L., Zhang L. F., Bucher K.* The Luliangshan garnet peridotite massif of the North Qaidam UHPM belt, NW China – a review of its origin and metamorphic evolution // Ibid. – 2009. – **27**. – P. 621–638.
9. *Vrabec M.* Garnet peridotites from Pohorje: Petrography, geothermobarometry and metamorphic evolution // Geologija (Ljubljana). – 2010. – **53**, No 1. – P. 21–36.
10. *Van Roermund H. L. M., Drury M. R., Barnhoorn A., De Ronde A.* Relict majoritic garnet microstructures from ultra-deep orogenic peridotites in Western Norway // J. Petrol. – 2001. – **42**, No 1. – P. 117–130.
11. *Grutter H., Latti D., Menzies A.* Cr-saturation arrays in concentrate garnet compositions from kimberlite and their use in mantle barometry // Ibid. – 2006. – **47**, No 4. – P. 801–820.
12. *Brey G. P., Kohler T.* Geothermometry in four-phase lherzolites II. New thermobarometers, and practical assessment of existing thermobarometers // Ibid. – 1990. – **31**, No 6. – P. 1353–1378.
13. *O'Neill H. S. C., Wood B. J.* An experimental study of the Fe-Mg partitioning between garnet and olivine and its calibration as a geothermometer // Contrib. Mineral. Petrol. – 1979. – **70**. – P. 59–70.
14. *Wu C. M., Zhao G. C.* A recalibration of the garnet-olivine geothermometer and a new geobarometer for garnet peridotites and garnet-olivine-plagioclase-bearing granulites // J. Metamorphic Geol. – 2007. – **25**. – P. 497–505.

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М. П. Семененка НАН України, Київ*

Надійшло до редакції 10.09.2013

А. А. Вишнеvский

О первой находке зонального пиропа в осадочном чехле Украинского щита

Охарактеризована первая находка зонального пиропа в терригенных отложениях Украины. Зерно размером ~0,3 × 0,4 мм является фрагментом более крупного индивида и химически негетогенно. От края до края в нем закономерно увеличивается содержание FeO (от 8,6 до 11,6%) и соответственно уменьшается содержание MgO (от 20,6 до 17,8%). При этом концентрация остальных индикаторных элементов (Ti, Ca, Cr) остается неизменной. По результатам анализа полученных данных был сделан вывод, что его коренными источниками могли быть кимберлиты либо гранатовые перидотиты ультраметаморфических комплексов. Давление и температура кристаллизации пиропа составляли около 2,0 ГПа и 800–850 °С. Что касается установленной в нем зональности, то последняя, скорее всего, является результатом его посткристаллизационного субсолидусного преобразования в материнских породах при сравнительно высоких температуре и давлении.

O. A. Vyshnevskiy

On the first finding of zoned pyrope in the sedimentary cover of the Ukrainian shield

The first finding of zoned pyrope in terrigenous deposits of Ukraine is described. The grain of $\sim 0.3 \times 0.4$ mm in size is a part of a larger crystal and chemically inhomogeneous. From side to side in them, the FeO content appropriately increases (from 8.6 to 11.6%) and MgO decreases (from 20.6 to 17.8%). Thus, the concentration of other indicator elements (Ti, Ca, Cr) remains unchanged. Based on the analysis of obtained data, it is concluded that its native sources were kimberlites or garnet peridotites of UHPM terranes, and the temperature and the pressure of crystallization were near 800–850 °C and 2.0 GPa. In respect of the zonality exposed in pyrope, it is most probable that it is a result of its subsolidus alteration in mother rocks at comparatively high temperature and pressure.