

УДК 549.621.98 (477/478)

**О.А. Вишневський<sup>1</sup>, О.В. Павлюк<sup>1</sup>, В.М. Павлюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34  
E-mail: vyshnevskyy@igmof.gov.ua

<sup>2</sup> Правобережна геологічна експедиція ПДГРП "Північгеологія"  
09150, с. Фурси, Київ. обл., Україна, вул. Радянська, 2

## **ПІРОПИ ІЗ СЕРЕДНЬОСАРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ВЕРХНЬОГО ПОБУЖЖЯ (УКРАЇНА)**

---

У статті обговорюються результати дослідження та питання щодо походження піропів із середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя (Україна). Встановлено їх ідентичність вивченим раніше піропам з інших пошукових ділянок Побузького регіону. На підставі цього висловлено припущення, що всі вони походять з одних і тих же або подібних, імовірно місцевих, корінних порід. Такими, судячи з особливостей хімічного складу піропів та виявлених у них мінеральних включень, могли бути кімберліти, гранатові перидотити, аналогічні альпійським чи богемським, основні породи еклотітового типу, температура та тиск утворення яких не перевищували 950—1000 °С та 2,5—3,0 ГПа.

**Вступ.** Піроп із осадового чохла південно-західного схилу Українського щита (УЩ) є предметом уваги геологів вже досить тривалий час. Починаючи з середини минулого сторіччя мінерал постійно фіксується в палео-, неогенових, четвертинних осадових породах регіону та сучасному алювії річок Південний Буг і Дністер. При цьому найбільш високі його концентрації виявлено в різнозернистих пісках балтської світи неогену, де в середньому вони складають декілька сотень, а інколи досягають тисячі й навіть більше знаків у перерахунку на 20 л породи. Результати дослідження піропів з цих відкладів висвітлені в численних публікаціях [2—7, 11 та ін.] та виробничих звітах. Натомість інформація про піропи із поширених на зазначеній території древніших і молодших осадових порід є недостатньою. До того ж і донині не виявлені їхні корінні джерела. Саме це і зумовило інтерес до них та стало приводом до їх вивчення.

**Об'єкт і методи дослідження.** Зважаючи на викладене, нами були вивчені піропи із середньосарматських відкладів західного схилу Бердичівського підняття.

У межах зазначеної території осадові утворення середнього сармату мають широке розповсюдження і практично суцільним покривом залягають на корі вивітрювання порід кристалічного фундаменту, а подекуди на палеогенових (бучак) вуглистих пісках та глинах річкового походження. В їх розрізі виділяють три літологічно відмінні товщі, що належать до мілководної морської та прибережно-морської фацій. Нижня — підвапнякова, виповнює найбільш понижені досарматські форми рельєфу. Вона представлена добре відсортованими дрібно-середньозернистими до крупнозернистих кварцовими слюдистими, часто вуглистими пісками і темно-сірими, нерідко вуглистими, а в нижній частині розрізу сланцюватими глинами. Її потужність від кількох метрів до перших десятків метрів. Середня — вапнякова товща, потужністю 8—15 м, складена оолітовими та детритусовими вапняками з прошарками детритусових пісків та галечників. Верхня — надвапнякова товща, значно більше поширена, ніж інші дві. У північній частині території вона залягає безпосередньо на кристалічному фундаменті або породах бучацької серії, в південній — на товщі вапняків. Потужність її змінюється від 0,5 до 48 м з тенденцією збільшення в південно-західному

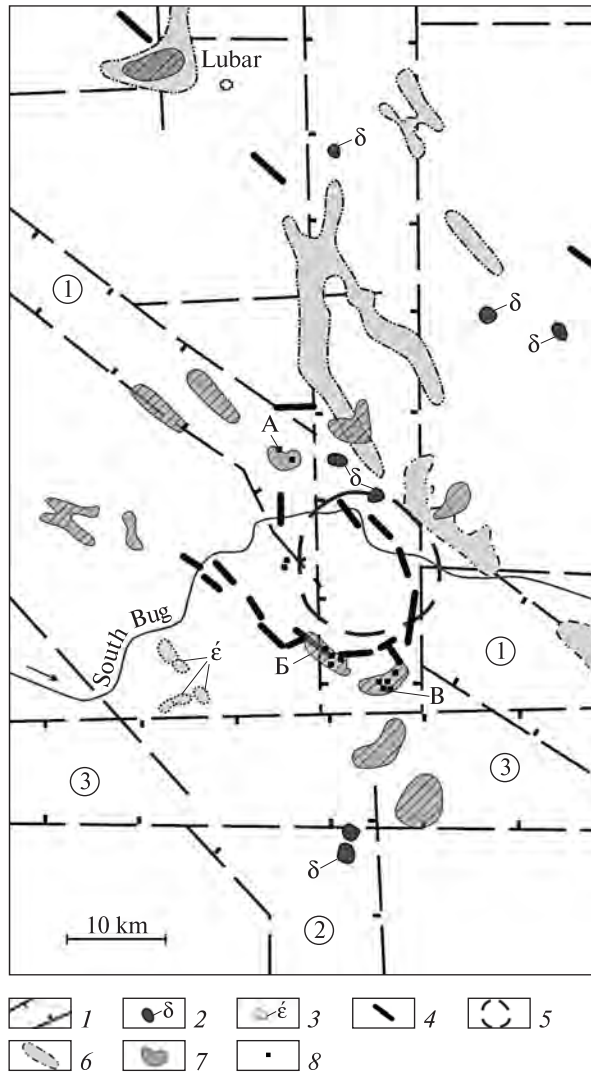


Рис. 1. Геологічна схема західного схилу Бердичівського підняття з позначеними ореолами підвищеної концентрації піропів у середньосарматських відкладах: 1 — регіональні тектонічні зони (1 — Хмельницька, 2 — Білокорочицька, 3 — Хмельницька), 2 — масиви ультрабазитів, 3 — масиви ультраалужних порід, 4 — дайки діабазів, 5 — Хмельницький регіональний гравімінімум, 6 — бучацькі ( $P_2bc$ ) палеодепресії, 7 — ореоли підвищеної концентрації піропів у середньосарматських відкладах (А — Куманівецький, Б — Шевченківський, В — Кожухівський), 8 — точки відбору шліхових проб

Fig. 1. Geological scheme of the western slope of Berdychiv height with marked halos of pyropes in middle sarmatian deposits: 1 — regional tectonic zones (1 — Khmelnytska, 2 — Bilokorovytska, 3 — Khmelnytska), 2 — massifs of ultramafites, 3 — massifs of ultraalkaline rocks, 4 — dykes of diabases, 5 — Khmelnytskyi regional gravimetric minimum, 6 — Buchak ( $P_2bc$ ) paleodepressions, 7 — halos of pyropes in middle sarmatian deposits (A — Kumanivetskyi, B — Shevchenkivskyi, B — Kozhukhivskyi), 8 — points of sampling

напряму. Переважно вона представлена дрібно-середньозернистими кварцовими пісками, які перемежаються з піщанистими сланцюватими глинами. Інколи присутні алеврити з тонкими прошарками кварцових пісків, поширені лише в південній частині території.

Завдяки пошуковим роботам Правобережної геологічної експедиції ПДРГП "Північгеологія" в межах західного схилу Бердичівського підняття виділено декілька ореолів з підвищеним вмістом піропу в середньосарматських відкладах. У середньому це 300—350, інколи до 1000—1500 знаків у перерахунку на пробу 20 л. Розташування цих ореолів відносно головних геологічних структур району і місця відбору проб, з яких детально вивчені піропи, показані на схемі (рис. 1).

Інструментальне дослідження піропів проведено 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 виконували за прискорювальної напруги 20 кВ, струму зонда  $6 \cdot 10^{-10}$  А та діаметра зонда 1—2 мкм. Як стандарти для мікроаналізу використовували чисті метали — на Al, Si, Ti, Cr, Mn, Fe; синтетичні  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , MgO, KCl,  $\text{CaF}_2$  — на Na, Mg, K та Ca відповідно. Розрахунок концентрацій елементів здійснено методом ZAF-корекції. Склад мінералів, розрахований як середнє з двох аналізів у точці, виконаних для кожного зерна, наведений у табл. 1 і 2.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Підкреслимо, що йдеться саме про піропи, тобто суттєво магnezіальні гранати з вмістом піропового компонента ( $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) від 50 % і вище. Гранати з високим вмістом заліза та кальцію, що трапляються у вивчених пробах, у цій статті не розглядаються.

**Морфологічні особливості піропів.** У сарматських відкладах досліджуваної території поширені переважно дрібні піропи розміром від 0,2 до 0,5 мм. У деяких пробах в незначній кількості (~5 %) присутні крупніші індивіди, лінійні виміри яких не перевищують 1,0 мм. Практично всі вони представлені різноманітної форми уламками — продуктами корозійного та механічного розтріскування більших кристалів (рис. 2, a—e, g, h). Одиначні зерна мають форму кубоїдів (рис. 2, f).

Таблиця 1. Хімічний склад піропів із середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя, %  
 Table 1. Chemical composition of pyropes from middle sarmatian deposits of the Upper Bug area, %

Номер з/п	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	f
1	41,04	0,35	22,87	0,13	13,74	0,21	17,19	4,48	0,31
2	41,40	0,08	23,88	0,15	8,74	0,21	17,75	7,82	0,22
3	42,84	0,07	24,41	0,58	7,29	0,23	20,52	4,08	0,17
4	42,03	0,27	23,59	0,62	7,69	0,12	21,07	4,64	0,17
5	41,23	0,04	22,06	0,94	13,20	0,42	16,31	5,82	0,31
6	43,31	0,18	23,93	1,02	5,82	0,33	22,01	3,41	0,13
7	42,99	0,24	24,03	1,18	5,47	0,21	21,83	4,08	0,12
8	42,18	0,52	22,26	1,29	7,62	0,24	21,43	4,48	0,17
9	42,57	0,06	23,82	1,31	7,38	0,30	19,98	4,61	0,17
10	42,00	0,38	23,22	1,35	7,45	0,17	20,72	4,73	0,17
11	42,26	0,39	22,90	1,47	6,86	0,14	21,82	4,18	0,15
12	41,86	0,60	21,81	1,56	8,21	0,34	21,40	4,24	0,18
13	43,56	0,18	23,06	1,65	5,82	0,27	21,82	3,66	0,13
14	42,09	0,23	22,48	1,74	7,58	0,27	20,79	4,85	0,17
15	42,26	0,06	22,79	1,85	7,80	0,32	20,61	4,32	0,18
16	41,85	0,10	21,91	1,90	9,01	0,43	20,11	4,71	0,20
17	42,08	0,18	22,07	2,13	8,41	0,28	20,56	4,30	0,19
18	41,67	0,33	22,38	2,16	7,94	0,34	20,78	4,42	0,18
19	42,43	0,16	22,00	2,57	6,36	0,20	21,22	5,07	0,14
20	41,44	0,12	19,80	5,39	6,44	0,21	20,44	6,18	0,15
21	41,15	0,23	22,99	0,01	12,66	0,15	15,53	7,28	0,31
22	41,97	0,20	23,33	0,09	10,19	0,11	17,68	6,45	0,24
23	40,98	0,16	22,89	0,11	13,72	0,42	17,43	4,29	0,31
24	41,64	0,17	23,04	0,24	11,09	0,22	16,19	7,41	0,28
25	41,53	0,32	23,25	0,52	11,18	0,37	18,24	4,59	0,26
26	41,96	0,22	23,84	0,80	7,12	0,24	21,12	4,70	0,16
27	41,76	0,13	22,41	0,96	12,21	0,22	17,88	4,42	0,28
28	42,40	0,22	23,24	1,02	7,62	0,24	20,18	5,08	0,17
29	42,09	0,19	23,04	1,11	7,88	0,22	20,90	4,61	0,17
30	41,85	0,20	23,49	1,17	8,02	0,31	20,43	4,53	0,18
31	42,24	0,27	22,72	1,25	8,32	0,23	20,31	4,65	0,19
32	41,63	0,22	22,46	1,30	9,38	0,37	19,81	4,82	0,21
33	41,61	0,32	23,10	1,32	8,39	0,24	20,61	4,41	0,19
34	42,07	0,32	22,75	1,36	8,31	0,38	20,45	4,39	0,19
35	41,79	0,13	22,68	1,38	10,04	0,33	19,89	3,78	0,22
36	41,94	0,21	22,54	1,40	8,22	0,42	20,46	4,82	0,18
37	42,29	0,25	22,48	1,42	8,17	0,40	20,90	4,13	0,18
38	42,33	0,39	22,43	1,44	7,63	0,15	20,81	4,81	0,17
39	42,24	0,24	22,57	1,49	8,68	0,63	19,68	4,47	0,20
40	41,59	0,09	22,94	1,50	9,12	0,33	19,62	4,83	0,21
41	42,09	0,41	22,04	1,52	8,74	0,36	20,79	4,08	0,19
42	41,64	0,26	22,75	1,54	7,47	0,40	21,26	4,69	0,16
43	41,61	0,71	21,62	1,56	8,91	0,34	21,05	4,23	0,19
44	42,32	0,39	21,88	1,58	8,22	0,26	20,97	4,42	0,18
45	41,92	0,26	22,52	1,60	7,92	0,23	20,96	4,62	0,17
46	41,60	0,45	22,31	1,63	9,02	0,36	20,03	4,61	0,20
47	41,68	0,71	21,68	1,67	8,29	0,34	21,31	4,34	0,18
48	42,80	0,32	22,51	1,68	8,32	0,21	19,82	4,34	0,19
49	42,02	0,56	21,99	1,70	7,73	0,36	20,83	4,81	0,17
50	41,78	0,25	22,80	1,75	8,21	0,30	20,66	4,28	0,18

Номер з/п	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	f
51	42,03	0,42	21,93	1,78	8,07	0,34	20,85	4,58	0,18
52	42,15	0,41	22,28	1,81	8,62	0,44	20,24	4,08	0,19
53	42,16	0,45	22,55	1,89	7,14	0,22	20,80	4,78	0,16
54	41,93	0,33	22,39	1,91	7,48	0,38	21,16	4,45	0,17
55	42,04	0,61	21,55	1,95	7,85	0,33	21,56	4,14	0,17
56	41,96	0,06	21,75	1,96	9,22	0,47	19,79	4,80	0,21
57	42,10	0,19	22,54	1,98	6,84	0,26	21,27	4,84	0,15
58	41,73	0,23	22,39	2,05	8,94	0,43	19,63	4,62	0,20
59	41,94	0,00	21,78	2,07	8,16	0,49	20,60	4,97	0,18
60	41,64	0,38	22,46	2,11	8,07	0,20	20,36	4,78	0,18
61	41,46	0,16	21,77	2,14	9,42	0,18	19,81	5,06	0,21
62	41,51	0,18	22,16	2,19	8,53	0,42	20,69	4,34	0,19
63	41,51	0,30	22,26	2,23	8,28	0,31	20,50	4,63	0,18
64	41,64	0,31	22,52	2,39	6,95	0,32	21,03	4,84	0,16
65	41,93	0,23	21,75	2,52	7,95	0,29	20,71	4,64	0,18
66	41,68	0,08	21,46	2,68	8,22	0,49	20,57	4,82	0,18
67	41,23	0,24	21,58	2,72	9,36	0,54	19,48	4,85	0,21
68	41,97	0,45	21,43	2,85	6,67	0,41	21,02	5,21	0,15
69	41,63	0,01	21,87	3,02	8,07	0,22	20,50	4,70	0,18
70	41,79	0,23	21,40	3,03	8,36	0,27	19,91	5,03	0,19
71	41,79	0,15	21,29	3,33	8,18	0,42	20,12	4,74	0,19
72	42,01	0,20	21,15	3,37	7,88	0,39	20,23	4,79	0,18
73	41,85	0,16	21,17	3,41	7,91	0,39	20,37	4,76	0,18
74	41,82	0,22	23,58	0,24	9,86	0,25	18,93	5,10	0,23
75	41,77	0,01	23,75	0,53	8,67	0,37	20,89	4,02	0,19
76	41,77	0,18	23,40	0,81	8,04	0,34	20,66	4,81	0,18
77	41,32	0,13	23,32	0,98	8,80	0,38	20,40	4,69	0,19
78	42,14	0,43	22,39	1,40	7,84	0,22	21,76	3,84	0,17
79	42,16	0,44	22,54	1,54	7,86	0,39	20,53	4,55	0,18
80	42,32	0,11	22,50	1,58	8,45	0,32	20,19	4,57	0,19
81	41,85	0,21	22,57	1,60	8,22	0,40	20,36	4,81	0,18
82	41,75	0,36	22,64	1,64	7,22	0,26	21,40	4,74	0,16
83	41,88	0,19	22,20	1,81	9,18	0,61	19,33	4,81	0,21
84	41,46	0,27	22,02	2,08	8,66	0,47	20,54	4,52	0,19
85	41,80	0,29	22,06	2,21	7,75	0,39	20,60	4,91	0,17
86	41,39	0,18	22,15	2,31	8,74	0,44	20,73	4,07	0,19
87	41,83	0,22	22,44	2,35	7,06	0,30	20,72	5,11	0,16
88	41,90	0,32	22,20	2,50	6,25	0,33	21,70	4,82	0,14
89	41,82	0,24	21,56	3,00	7,68	0,39	20,23	5,10	0,18
90	41,74	0,23	20,59	4,14	6,26	0,35	21,66	5,06	0,14

Примітка. \* — все залізо у вигляді FeO;  $f = \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ; 1—20 — Шевченківський, 21—73 — Кожухівський, 74—90 — Куманівецький ореол.

Note. \* — total iron calculated as FeO;  $f = \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ; 1—20 — Shevchenkivskiyi, 21—73 — Kozhukhivskiyi, 74—90 — Kumanivetskiyi halo.

Ретельне електронно-мікроскопічне вивчення представницької вибірки (понад 200 зерен) піропів із сарматських відкладів дозволило отримати детальну характеристику їх по-

верхні та на основі цього умовно розділити на три групи: 1) слабо та середньо обкатані, що складають 15—20 % від загальної кількості; 2) необкатані з різноманітними скульптурами

Таблиця 2. Хімічний склад піропів і мінеральних включень у них із середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя, гранатових перидотитів Альпі Арамі (Центральні Альпи, Швейцарія) і Кутня Гора (Богемський масив, Чехія), %

Table 2. Chemical composition of pyropes and mineral inclusions in them from middle sarmatian deposits of the Upper Bug area, garnet peridotites Alpe Arami (Central Alps, Switzerland) and Kutnya Hora (Bohemian Massif, Czech Republic), %

Номер з/п	Номер зразка	Мінерал	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	f
1	ВП-24	Піроп	41,74	0,23	22,77	1,17	8,11	0,20	20,65	5,13	Не визн.	Не визн.	0,18
2		Рутил	Не визн.	97,97	Не визн.	0,71	1,33	Не визн.	Не визн.	Не визн.	" "	" "	—
3	ВП-25	Піроп	42,01	0,33	22,38	1,91	6,93	0,23	21,20	5,02	" "	" "	0,16
4		Паргасит	44,49	1,51	14,33	0,95	2,08	0,01	18,85	10,78	3,84	0,16	0,06
5		Рутил	Не визн.	98,48	Не визн.	0,58	0,94	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	—
6	ВП-26	Піроп	41,96	0,48	21,52	1,90	8,19	0,25	20,82	4,87	" "	" "	0,18
7		Силікат	56,57	0,12	20,58	0,69	3,06	0,20	7,94	3,02	7,64	0,19	—
8		Рутил	Не визн.	98,43	Не визн.	0,42	1,15	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	—
9	9-5-2	Піроп	42,06	0,18	22,21	1,82	8,62	0,38	20,00	4,93	" "	" "	0,19
10		Паргасит	44,07	0,60	14,49	1,07	2,82	0,03	19,08	11,13	3,35	0,25	0,07
11	299	Піроп	42,32	0,26	21,34	2,45	7,74	0,32	19,26	5,31	Не визн.	Не визн.	0,18
12		Паргасит	44,81	0,72	12,61	1,73	2,15	0,00	19,56	11,67	2,88	0,74	0,06

Примітка. \* — все залізо у вигляді FeO;  $f = \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ; не визн. — не визначали; ВП-24, ВП-25, ВП-26 — Верхнє Побужжя (Кожухівський ореол), 9-5-2 — Альпі Арамі (Центральні Альпи, Швейцарія) [16], 299 — Кутня Гора (Богемський масив, Чехія) [19].

Note. \* — total iron calculated as FeO;  $f = \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ; не визн. — not detected; ВП-24, ВП-25, ВП-26 — Upper Bug area (Kozhukhivskyi halo), 9-5-2 — Alpe Arami (Central Alps, Switzerland) [16]; 299 — Kutnya Hora (Bohemian Massif, Czech Republic) [19].

розчинення — 70—80 %; 3) необкатані без скульптур — 5—10 %. Характерною ознакою перших є потертість та шорсткість ребер, наявність на ребрах численних мікрокаверн (рис. 2, *g, h, o, p*). Неушкоджені поверхні цих піропів зазвичай гладкі, на них украй рідко присутні скульптури розчинення або вони слабо виражені. Нечисленні необкатані піропи без помітних скульптур — це, як правило, гострокутні гострореберні уламки, сколи яких мають гладку блискучу поверхню (рис. 2, *e*). Найбільш представницькою є група необкатаних піропів з чітко вираженими скульптурами, набутими внаслідок хімічного травлення зерен. Доволі часто спостерігаються пірамідальні, черепицеподібні, бугорчасті, східчасті форми, які можуть покривати піропи повністю чи фрагментарно (рис. 2, *b—d, k—n*). Також поширені негативні структури розчинення — так звані трихітичні канали, як вважається [1], розвиваються по дислокаціях у мінералі (рис. 2, *i, j*). Нерідко в межах одного зерна можна спостерігати елементи позитивних (піраміди, бугорки тощо) і негативних (канали) форм рельєфу (рис. 2, *i, j*).

Різноманітність форм та особливості поверхні піропів із сарматських відкладів західного схилу Бердичівського підняття свідчать про їх доволі тривалу та складну гіпергенну історію.

Варто також відзначити, що в цілому за морфологічними особливостями вони подібні до вивчених раніше піропів із балтських відкладів Середнього Побужжя [2, 11].

**Хімічний склад піропів.** Мікросондове вивчення показало, що у сарматських відкладах досліджуваної території наявні як хромвмісні, так і безхромові піропи (табл. 1). Кількісно істотно переважають перші. Обидва різновиди мають достатньо витриманий та одноманітний хімічний склад.

Хромвмісні піропи утворюють безперервний ряд, в якому концентрація Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> поступово змінюється від 0,3 до 5,4 %. При цьому переважну більшість (близько 80 %) становлять такі, що містять від 1,0 до 2,5 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Вони мають типову для таких гранатів концентрацію CaO (3,7—5,1) та FeO (6—10 %). У деяких зразках зафіксовано підвищений вміст TiO<sub>2</sub> (до 0,7 %). Мало чим відрізняються від них нечисленні піропи з нижчим (0,3—1,0 %) та вищим (2,5—5,4 %) вмістом Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Хіба що перші в середньому є трохи більш залізистими, а у других дещо вищий відсоток CaO. На діаграмах Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — CaO та Mg — Ca — Fe (рис. 3) фігуративні точки хромвмісних піропів утворюють доволі компактні поля. Причому останні є практично однаковими для всіх трьох ореолів, що свідчить про ідентичність

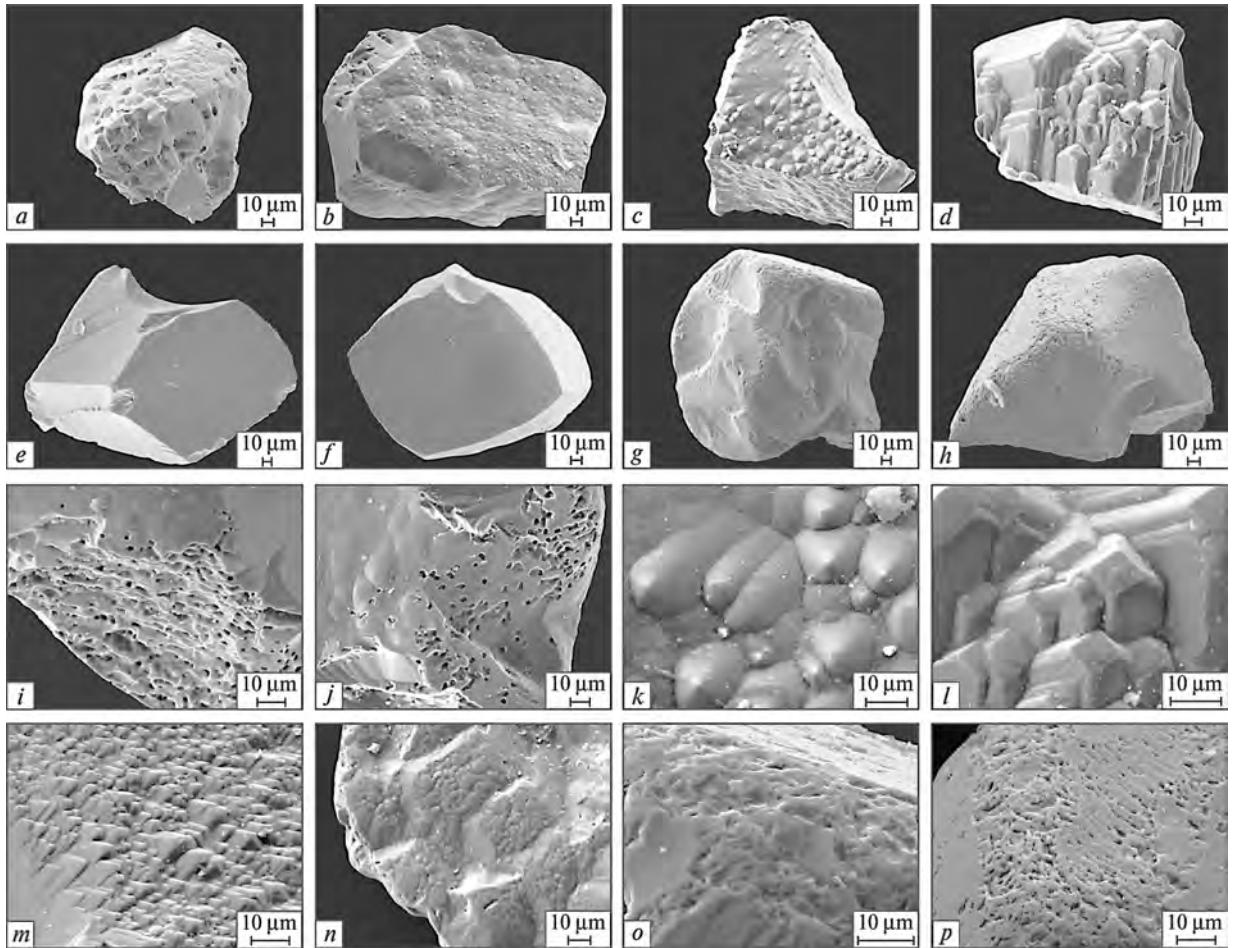


Рис. 2. Морфологія піропів із середньосарматських відкладів західного схилу Бердичівського підняття: *a–h* — загальний вигляд зерен, *i–n* — форми розчинення піропів, *o, p* — поверхні механічного зносу на зернах піропу  
 Fig. 2. Morphology of pyropes from middle sarmatian deposits from the western slope of Berdychiv height: *a–h* — general view of grains, *i–n* — forms of dissolution of pyropes, *o, p* — abrasion surfaces on pyropes grains

піропів у них. Це дозволяє зробити припущення про спільне або подібні корінні джерела цих гранатів. Цілком очевидно, що піропи з вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  вищим за 1,0 % належать до ультраосновного, найімовірніше лерцолітового парагенезису. Гранати, в яких  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  менше 1,0 %, можуть належати до лерцолітового, вебстеритового і навіть еклогітового парагенезисів.

Безхромові піропи, цілком природно, є більш залістими (10–14 % FeO) та кальцієвими (4,5–7,8 % CaO), ніж хромвісні. Відповідно, у них вищий відсоток алмандінового (22–27 мол. %) та grosularового (10–19 мол. %) компонентів. Їх приналежність до еклогітового парагенезису не викликає сумніву. Також можна констатувати, що більшість з них за співвідношенням  $\text{Ca} : \text{Mg} : \text{Fe}$  ідентична гранатам із еклогітів *A*-типу [18]. Без-

хромові піропи з усіх трьох ореолів, як і хромвісні, подібні між собою.

Викладене вище дозволяє стверджувати, що за хімічним складом проаналізовані піропи із сарматських відкладів Верхнього Побужжя практично нічим не відрізняються від піропів із осадових порід бучацької світи, що подекуди підстеляють ці відклади, а також балтських пісків з суміжних, розташованих південніше площ [2, 6, 11]. Зважаючи на це, природно припускати, що піропи з названих стратиграфічних горизонтів є продуктами розмиву одних і тих же або вельми подібних, імовірно місцевих, корінних джерел.

Встановлені особливості хімічного складу піропів із сарматських відкладів західного схилу Бердичівського підняття дозволяють висловити певні міркування стосовно їхніх можливих першоджерел. Такими перш за все мо-

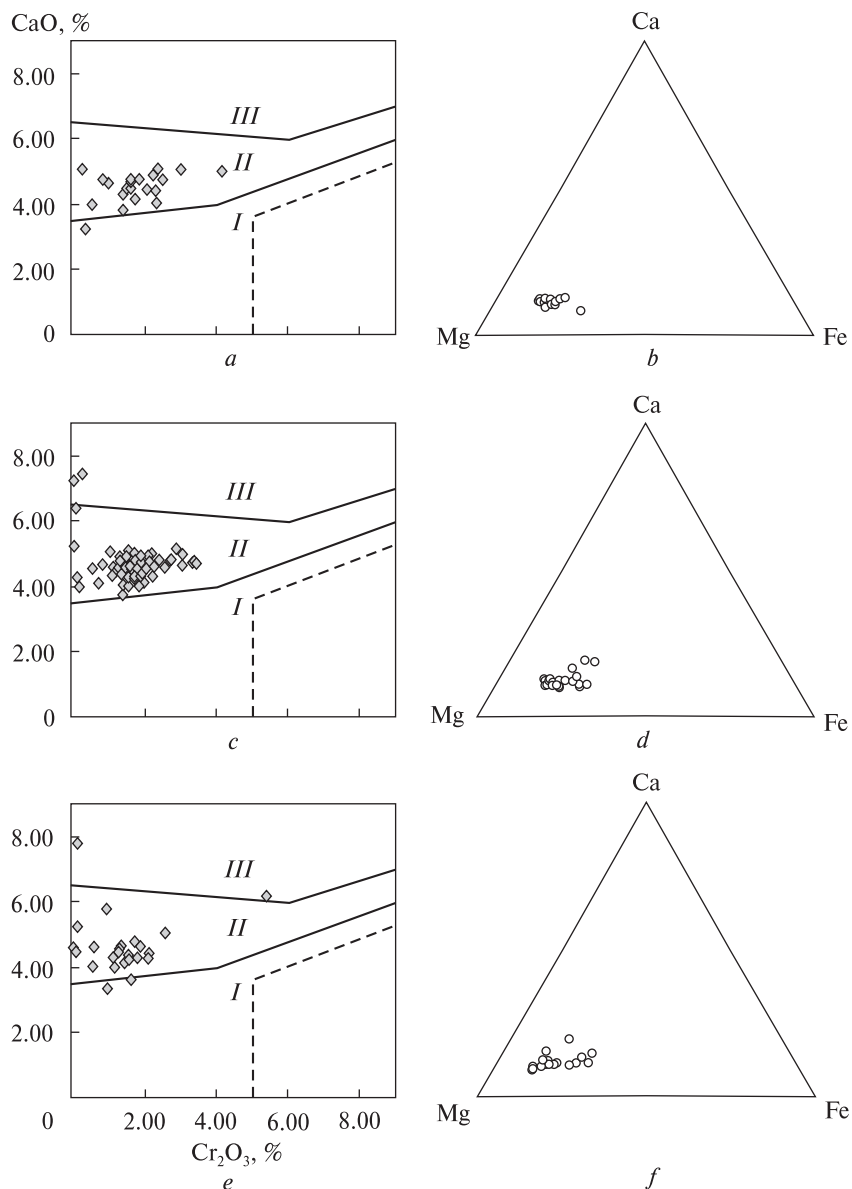


Рис. 3. Діаграми складу піропів із середньосарматських відкладів західного схилу Бердичівського підняття. Ореолі: *a, b* — Куманівецький; *c, d* — Кожухівський; *e, f* — Шевченківський. Поля складу піропів, за [9]: *I* — дуніт-гарцбургітового, *II* — лерцолітового, *III* — верлітового парагенезисів. Штриховою лінією обмежене поле високохромових піропів алмазної асоціації

Fig. 3. Compositional diagrams for pyropes from middle sarmatian deposits from the western slope of Berdychiv height. Halo: *a, b* — Kumanivetskyi; *c, d* — Kozhukhivskyi; *e, f* — Shevchenkivskyi. Compositional fields for pyropes are from [9]: *I* — dunite-harzburgite, *II* — lherzolite, *III* — wehrlite parageneses. By stroked line the field of high chromium pyropes associated with diamonds is limited

жуть бути кімберліти. Це впливає з подібності піропів із вивчених ореолів до піропів із названих порід. Однак в цьому випадку насторожує одноманітність їх хімічного складу. У переважній більшості кімберлітових трубок, як відомо, гранати відрізняються різноманітністю складу. Хоча, згідно з [10], у межах північних полів Якутської кімберлітової провінції відомі низько- та неалмазоносні трубки, в яких піропи достатньо одноманітні за складом, а вміст  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  у них не перевищує 2–3 %.

Окрім кімберлітових вивчені нами піропи вельми подібні до піропів із цілої низки порід. Зокрема з лампроїтів, лужних базальтоїдів, масивів піропових перидотитів, лампрофірів, карбонатитів та ін. [8, 13, 16, 17, 19 та ін.]. Потенційно всі вони могли постачати піропи

в осадові породи Верхнього Побужжя. Віддати перевагу будь-якій з названих вище порід, включаючи і кімберліти, виходячи лише з особливостей хімічного складу піропів, неможливо.

*Мінеральні вclusions в піропах.* Серед досліджених трапляються піропи, що містять твердофазові вclusions. Такими є приблизно 10 % від загальної кількості зерен. У більшості випадків вclusions мають субмікронні розміри, в зв'язку з чим їх украй важко побачити під біокуляром. Натомість вони чітко розрізняються на зрізах зразків за великого збільшення під електронним мікроскопом. Основна маса вclusions представлена рудними мінералами — рутилом та ільменітом. У деяких піропах зафіксовані вrostки силікатних фаз.

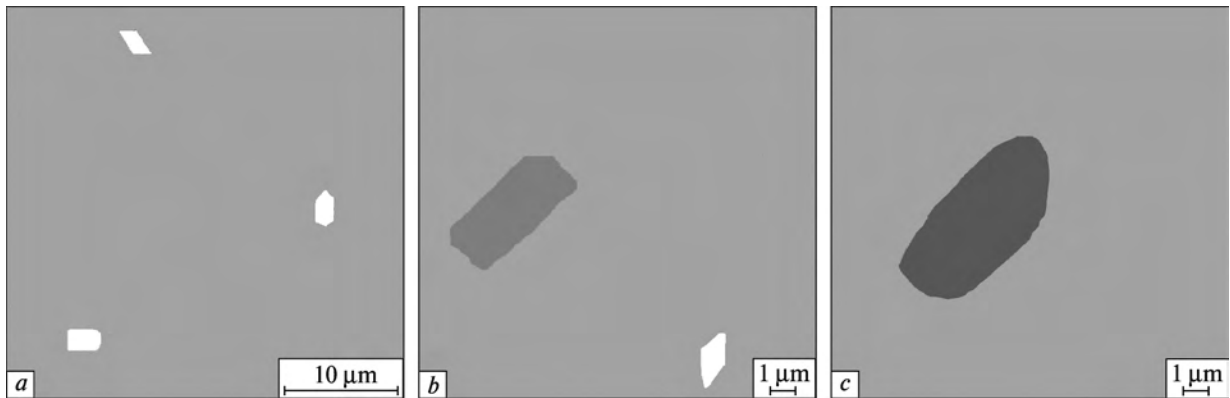


Рис. 4. Мінеральні включення у піропах із середньосарматських відкладів західного схилу Бердичівського підняття (Кожухівський ореол): *a* — зр. ВП-24, *b* — зр. ВП-25, *c* — зр. ВП-26

Fig. 4. Mineral inclusions in pyropes from middle sarmatian deposits from the western slope of Berdychiv height (Kozhukhivskyi halo): *a* — sample ВП-24, *b* — sample ВП-25, *c* — sample ВП-26

Малий розмір більшості включень завадив визначенню їх хімічного складу, однак у трьох зразках це виявилось можливим.

Піропи з включеннями (табл. 2) мають загалом стандартний для сарматських піропів хімічний склад. Єдиною особливістю є трохи вищий від середнього вміст  $TiO_2$ . В усіх трьох зразках наявні включення рутилу. У двох з них разом з рутилом встановлені також вrostки силікатних фаз. Ними виявилися: в одному випадку кальцієвий амфібол (зр. ВП-25), в іншому — силікат незвичайного складу (зр. ВП-26). Треба сказати, що всі три згадані фази раніше вже траплялися як включення в піропах із осадових порід Побужжя [2—4, 12].

Включення рутилу мають видовжено-призматичний ("голчастий") габітус, прямокутну, трикутну, ромбоподібну в перетині форму та розмір по короткій осі 5—7 мк (рис. 4, *a*). Їх хімічний склад виявився цілком очікуваним (табл. 2). Як домішки в них присутні  $Cr_2O_3$  (0,4—0,7) та  $FeO$  (0,9—1,3 %). Отже, вони нічим не відрізняються від досліджених раніше включень рутилу в піропах із балтських відкладів [4, 12]. Щодо їх походження, ми поділяємо точку зору авторів роботи [1], які вважають, що голчасті вrostки рутилу в піропах утворились у результаті субсолідусного розпаду останніх. До цього треба додати, що піропи з такими включеннями поширені в кімберлітах [1] та гранатових перидотитах Богемського масиву [19].

Амфібол (рис. 4, *b*) у піропах із осадових порід Побужжя зустрічається вже втретє. Тобто знахідки його включень у побузьких магнетезальних гранатах — не випадковість, а за-

кономірність. Як і попередні [2, 12], він представлений кальцієвим різновидом і відповідно до класифікації [14] є паргаситом. Характерними рисами мінералу є висока магнетезальність ( $mg = 0,94$ ) і підвищений вміст  $TiO_2$  та  $Cr_2O_3$  (табл. 2). За цими показниками він ідентичний проаналізованим раніше. Загалом паргасити із включень у побузьких піропах подібні за хімічним складом до однойменних амфіболів з низки основних та ультраосновних порід. Однак на одну аналогію треба звернути особливу увагу. Мається на увазі істотна подібність досліджуваних піропів з включеннями паргаситу до таких із проявів гранатових перидотитів Альпі Арамі (Центральні Альпи, Швейцарія) [16] та Кутня Гора (Богемський масив, Чехія) [17, 19]. Як видно з табл. 2, майже однаковими за хімічним складом є і гранати, і включені в них амфіболи. Хіба що деякі розбіжності спостерігаємо між амфіболами, зокрема за вмістом у них титану та лугів. Втім це не впливає на загальний висновок щодо тотожності порівнюваних зразків.

Винятково цікавим є включення алюмосилікатної фази (рис. 4, *c*) з незвичайним хімічним складом (зр. ВП-26). Неординарність її полягає у високому вмісті  $Al_2O_3$  та  $Na_2O$  з одночасно чималим відсотком  $FeO$ ,  $MgO$  та  $CaO$  (табл. 2). Подібний за хімічним складом вrostок, щоправда з іншим співвідношенням  $Fe : Mg : Ca$ , раніше був встановлений у піропі із осадових порід Побужжя Ю.С. Цимбалом, який вважає його клінопіроксеном з високим вмістом жадеїту [12]. Дійсно, обидва склади більш-менш задовільно розраховуються на кристалохімічну формулу піроксену ( $XYZ_2O_6$ ):



досліджений нами —  $(K_{0,008}Na_{0,505}Ca_{0,110} \times Fe_{0,087}Mg_{0,404}Mn_{0,006}Cr_{0,019}Ti_{0,003}Al_{0,758})_{1,900} \times (Al_{0,070}Si_{1,930})_{2,000}O_6$ , з [12] —  $(K_{0,002}Na_{0,552} \times Ca_{0,032}Fe_{0,029}Mg_{0,684}Cr_{0,003}Ti_{0,008}Al_{0,680})_{1,990} \times (Al_{0,123}Si_{1,877})_{2,000}O_6$ . Натомість спроба знайти їм відповідні аналоги в літературних джерелах не дала позитивного результату. Омфацити, до яких вони найбільш подібні, містять принаймні вдвічі більше кальцію. Тому фазова належність цих включень залишається для нас поки що нез'ясованою.

Таким чином, піропи із досліджуваних ореолів містять такі самі включення, як і піропи з інших пошукових площ Побужжя. Це, на нашу думку, може свідчити про те, що всі вони походять з одних і тих же або вельми подібних корінних порід. Такими, про що свідчать відповідні включення та особливості їх хімічного складу, могли бути кимберліти (включення рутилу), гранатові перидотити, подібні до альпійських або богемських (включення рутилу та паргаситу), основні породи, імовірно, еклогітового типу (включення алюмосилікатної фази з високим вмістом натрію). На порівняно невисокі значення  $P$  і  $T$  утворення вивчених піропів вказують включення в них паргаситу. Для останнього, згідно з експериментальними даними [15], верхня межа стабільності складає 2,5–3,0 ГПа та 950–1000 °С.

**Висновки.** 1. Піропи мають значне поширення у середньосарматських відкладах західного схилу Бердичівського підняття. Міцями вони утворюють контрастні ореоли та окремі аномалії, де їх вміст складає від 300–350 до 1000–1500 знаків у перерахунку на стандартну 20-літрову пробу. Однотипність піропів із різних ореолів дозволяє припускати для них єдине або ідентичні корінні джерела.

2. Корінними джерелами піропів із середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя могли бути кимберліти, гранатові перидотити, подібні до альпійських чи богемських, основні породи еклогітового типу. Температура і тиск їх утворення не перевищували 950–1000 °С та 2,5–3,0 ГПа.

3. Подібність піропів із бучацьких і середньосарматських відкладів Верхнього Побужжя і балтських пісків Середнього Побужжя свідчить про те, що, скоріш за все, всі вони походять із одних і тих же або подібних, імовірно місцевих, корінних порід.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. — Новосибирск : ГЕО, 2010. — 650 с.
2. Вишневский А.А. Хромсодержащие пиropy из балтских отложений Среднего Побужья (Украина) // Минерал. журн. — 1994. — 16, № 2. — С. 97–106.
3. Вишневский О.А. Твердофазові включення незвичайного складу в піропі з балтських відкладів Середнього Побужжя // Зап. Укр. мінерал. т-ва. — 2008. — 5. — С. 115–118.
4. Вишневский О.А., Колесник Ю.М., Вишневский А.С. та ін. Піроп з кристалічними включеннями з балтських відкладів Середнього Побужжя // Доп. АН УРСР. Сер. Б. — 1985. — № 4. — С. 9–14.
5. Вуйко В.И., Вишневский А.А., Цымбал С.Н., Чеботарев В.А. Оптико-спектроскопические и колориметрические параметры пиropa и пиrop-альмандинa из осадочных отложений Среднего Побужья // Минерал. журн. — 1983. — 5, № 3. — С. 42–49.
6. Гейко Ю.В., Гурский Д.С., Львов Л.И. и др. Перспективы коренной алмазоносности Украины. — Киев-Львов : Центр Европы, 2006. — 223 с.
7. Дружинин Л.М., Грицик К.П., Лавров Д.А., Смирнов Г.И. До знахідки крупних зерен піропу в балтських відкладах // Доп. АН УРСР. Сер. Б. — 1976. — № 6. — С. 491–493.
8. Мацюк С.С., Крюков А.В., Вишневский А.А., Овчинников Ю.И. Сравнительное исследование состава и свойств гранатов щелочно-базальтовых трубок Минусинской впадины и кимберлитов Якутии // Минерал. журн. — 1985. — 7, № 4. — С. 18–29.
9. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. — Новосибирск : Наука, 1974. — 261 с.
10. Харькив А.Д., Квасница В.Н., Сафронов А.Ф., Зинчук Н.Н. Типоморфизм алмаза и его минераловспутников из кимберлитов. — Киев : Наук. думка, 1989. — 198 с.
11. Цымбал С.Н., Кищинская З.А., Лавров Д.А. и др. Пиропоносность балтских отложений левобережной части Среднего Побужья // Геохимия и рудообразование. — 1980. — № 8. — С. 40–50.
12. Цымбал Ю.С. Включения пикроильменита и ассоциирующихся с ним минералов в пиropах из терригенных отложений западной части Украинского щита // Минерал. журн. — 2007. — 29, № 1. — С. 67–73.
13. Kimberlites II : The mantle and crust-mantle relationships. — Amsterdam : Elsevier, 1984. — 393 p.
14. Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S. et al. Nomenclature of amphiboles : report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association on New Minerals and Mineral Names // Can. Miner. — 1997. — 35. — P. 219–246.
15. Niida K., Green D.H. Stability and chemical composition of pargasitic amphibole in MORB pyrolyte under upper mantle conditions // Contribs Mineral. and Petrol. — 1999. — 135. — P. 18–40.
16. Nimis P., Trommsdorff V. Revisited thermobarometry of the Alpe Arami and other garnet peridotites from

- the Central Alps // *J. Petrol.* — 2001. — **42**. — P. 103—115.
17. *Seifert A.V., Vrana S.* Bohemian garnet // *Bul. of Geosci.* — 2005. — **86**, No 2. — P. 113—124.
18. *Taylor L.A., Neal C.R.* Eclogites with oceanic crustal and mantle signatures from the Bellsbank kimberlite, South Africa, Part I : mineralogy, petrography, and whole rock chemistry // *J. Geol.* — 1989. — **97**. — P. 551—567.
19. *Vrana S.* Mineral inclusions in pyrope from garnet peridotites, Kolin area, central Czech Republic // *J. Geosci.* — 2008. — **53**. — P. 17—30.

Надійшла 21.10.2011

*А.А. Вишневский, А.В. Павлюк, В.Н. Павлюк*

#### ПИРОПЫ ИЗ СРЕДНЕСАРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ПОБУЖЬЯ (УКРАИНА)

В статье обсуждаются результаты исследования и вопрос о происхождении пиропов из среднесарматских отложений Верхнего Побужья (Украина). Установлена их идентичность изученным ранее пиропам из других поисковых площадей Побужского региона. На основании этого высказано предположение, что все они происходят из одних и тех же либо подобных, ве-

роятно местных, коренных пород. Таковыми, судя по особенностям химического состава пиропов и выявленных в них минеральных включений, могли быть кимберлиты, гранатовые перидотиты, аналогичные альпийским или богемским, основные породы эклогитового типа, температура и давление образования которых не превышали 950—1000 °С и 2,5—3,0 ГПа.

*O.A. Vyshnevskiy, O.V. Pavliuk, V.M. Pavliuk*

#### PYROPES FROM MIDDLE SARMATIAN DEPOSITS OF THE UPPER BUG AREA (UKRAINE)

The results of SEM and microprobe investigation of pyropes from middle sarmatian deposits of the Upper Bug area (Ukraine) are presented and a question of their origin is discussed. It is shown that they are identical to earlier studied pyropes from other prospecting areas of Bug region. This is allows to suppose that all pyropes of the named territory are originated from the same or similar, probably local rocks. As follows from the chemical composition of pyropes and exposed in them inclusions, it could be kimberlites, garnet peridotites, similar to those from Central Alps, or Bohemian Massif, mafic rocks of eclogite type, which were formed at temperatures and pressures lower than 950—1000 °C and 2.5—3.0 GPa.