НОВЫЕ ДАННЫЕ О НАХОДКАХ МИНЕРАЛОВ-ИНДИКАТОРОВ КИМБЕРЛИТОВ В МЕЗОЗОЙСКОМ ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А. В. Черешинский

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 августа 2016 г.

Аннотация: в статье приведены данные о минералах-индикаторах кимберлитов мезозойского промежуточного коллектора Воронежской антеклизы. Даны морфологические описания пиропов, хромшпинелидов и пикроильменитов, показан их химический состав. Выделены хромшпинелиды алмазной ассоциации. Находки МИК алмазной ассоциации позволяют говорить, что в альбское время на данной территории существовали алмазоносные трубки. Пространственно пробы тяготеют к юго-западному обрамлению Олымского массива, однако прогнозируемый источник сноса располагался южнее, в пределах сводовой части ВКМ, в районе г. Льгов.

Ключевые слова: Воронежская антеклиза, минералы-индикаторы кимберлитов, хромшпинелид, пироп, пикроильменит, мезозой.

NEW DATA ON THE OCCURENCESS OF INDICATOR MINERALS OF KIMBERLITES OF MESOZOIC INTERMEDIATE PLACER TRAP OF THE VORONEZH ANTECLYNE

Abstract: the article presents data on the indicator minerals of kimberlites from the Mesozoic intermediate placer trap of the Voronezh anteclyne. The morphological descriptions of pyropes, chrome-spinellides and picroilmenites are expounded as well as their chemical composition. The chrome-spinellides of the diamond association are retrieved. Finds indicator minerals of kimberlites diamond association suggest that in albian age in this territory there was diamondiferous pipes. Spatial samples tend to the southwestern framing of the Olymsky massif, however, the projected source of the demolition was located South of and within the crest of the Voronezh crystalline massif, near the city of Lgov.

Keywords: Voronezh anteclyne, indicator minerals of kimberlites, chrome-spinellids, pyrope, picroilmenite, mesozoic.

В пределах Воронежской антеклизы минералыиндикаторы кимберлитов (МИК) выявлены в разновозрастных отложениях [1–6]. Наиболее полно опробован мезозойский промежуточный коллектор. Это объясняется, прежде всего, хорошей доступностью отложений мезозойского возраста и широким распространением в них терригенных пород. В настоящее время на территории Воронежской антеклизы выявлено десятки разрезов мезозойского возраста, в которых присутствуют МИК (пиропы, хромшпинелиды, пикроильмениты, хромдиопсиды) [2, 7]. Наиболее перспективными для опробования являются образования аптского и альбского ярусов.

При проведении работ по ГДП-200 на территории листа М-37-II (Кшенский) наибольшее внимание при изучении промежуточных коллекторов уделялось именно мезозойским образованиям. На сопредельных территориях, с запада и северо-запада изучаемой площади, из образований мезозоя (альбский ярус) выделены пиропы, хромшпинелиды, пикроильмениты, в том числе принадлежащие алмазной ассоциации [8–9].

В ходе проведения наземных геологических маршрутов по территории листа были выделены обнажения, перспективные для опробования. Начальный объем проб составил $0.02~{\rm M}^3$, они отбирались послойно-секционным бороздовым способом с длиной борозды $0.4-0.7~{\rm M}$. Пробы промывались на лотке сибирского типа до получения серого шлиха, анализ которого проводился в НИИГ ВГУ.

По территории листа было изучено 30 шлиховых проб, отобранных из 22 разрезов (рис. 1) мезозойского (альбский и сеноманский ярусы) и палеогенового (кантемировская и берекская свиты) возраста. Из отложений альбского яруса отобрано 18 проб, из сеноманского — 8, из кантемировской и берекской свит соответственно — 1 и 3 пробы.

Исходный вес полученного шлиха изменяется в широких пределах от 113,3 до 706,3 г. Вес тяжелой фракции варьирует от 2,3 до 26,04 г. Выход тяжелой фракции составляет от 0,9 до 8,1 % от общего веса шлиховой пробы.

Материал тяжелой фракции мелкий, как правило,

хорошо окатанный (2–4 класса), преобладает класс крупности – 0,2 мм. Подобный однородный гранулометрический состав тяжелой фракции проб указывает на хорошую сортированность материала.

В составе тяжелой фракции шлиховых проб доминирующую роль играют ильменит, циркон, ставролит и дистен. В подчиненном количестве (до 10 %) отмечаются: гидроксиды железа, турмалин, лейкоксен, гранаты. В виде единичных знаков встречены силлиманит, эпидот, шпинель, хромшпинелиды, пикроильменит, ганит, анатаз.

Минералы-индикаторы кимберлитов были обнаружены только в четырех разрезах, расположенных на северной половине изучаемой территории, это точки наблюдения \mathbb{N} 26, 33, 52 и 45 (см. рис. 1).

В разрезах № 26, 33 и 52 пробы отобраны из отложений альбского яруса, в них наблюдается схожий

характер распределения МИК – единичные находки хромшпинелидов при практическом полном отсутствии пиропов.

Альбский ярус в данных разрезах представлен песками светло-серыми с зеленоватым оттенком, преимущественно мелкозернистыми с прослоями разнозернистых, плохосортированных песков. Шлиховые пробы были отобраны из интервалов, обогащенных грубой фракцией.

Тяжелая фракция из этих проб представлена в основном зернами класса крупности менее 0,25 мм, степень окатанности соответствует 2–3 классу. В пробах преобладает ильменит (15,7–52,0 %), ставролит (11,7–30,7 %), циркон (14,3–23,7 %), дистен (3,3–8,0 %). Количество гранатов невелико и колеблется от 0,1 % в пробе 52/101 до 1,7 % в образце 33/101.

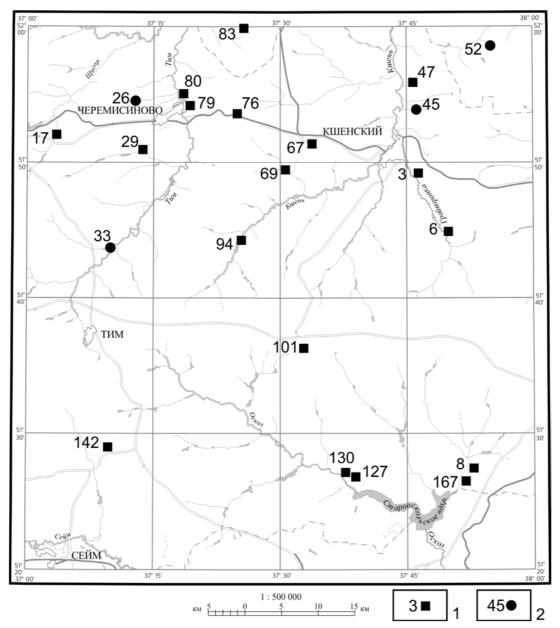


Рис. 1. Карта фактического материала: 1 – места отбора шлиховых проб; 2 – находки МИК.

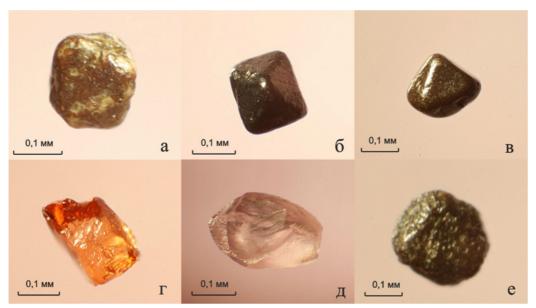
Из пробы 33/101 выделено 6 зерен альмандинпиропов, 10 хромшпинелидов и одно зерно пикроильменита, из образцов 26/101 и 52/101 – 10 и 4 зерна хромшпинелидов соответственно.

Для альмандин-пиропов характерен розовый, в меньшей степени розово-красный цвет, как правило, зерна слабо окрашены (рис. 2). Их размер составляет 0,1–0,25 мм, при преобладании зерен не крупнее 0,2 мм, в основном гранаты хорошо окатанные.

Для выявленных альмандин-пиропов характерна гипергенно-механогенная поверхность. К данному ти-

пу относятся гранаты, растворенные по кубоидному типу, для них свойственен микробугорчатый рельеф поверхности. Для двух зерен характерен дислокационный тип растворения, на поверхности данных гранатов наблюдаются отрицательные формы в виде каналов травления.

Химический состав гранатов исследовался на электронном микроскопе Jeol 6380 LV с энергодисперсионной системой количественного анализа Inca-250 (ВГУ, аналитик Н. С. Базиков). С помощью микрозондового анализа было исследовано четыре зерна (табл. 1).



 $Puc.\ 2.\$ Морфологические особенности МИК: a-a- хромшпинелиды; e-d- альмандин-пиропы; e- пикроильменит

Таблица 1 Химический состав гранатов

) Jei	ıa				J	Концентр	ация эле	ментов (мас. %)				
№ п.п.	№ пробы	№ зерна	Na ₂ O	MgO	Al_2O_3	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO2	V_2O_5	Cr_2O_3	MnO	FeO	Сумма
1	45/102	1	0,00	1,32	20,10	37,14	0,00	1,60	0,00	0,24	0,00	18,63	21,11	100,14
2	45/102	2	0,00	0,89	18,70	36,06	0,00	0,71	0,29	0,23	0,00	26,99	14,69	98,56
3	45/102	3	0,33	1,54	20,48	35,44	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	19,32	19,67	97,22
4	45/102	4	0,00	1,48	19,36	36,65	0,00	1,85	0,24	0,33	0,00	19,99	18,52	98,42
5	45/102	5	0,00	1,42	19,63	36,55	0,00	2,33	0,00	0,30	0,00	18,85	19,40	98,48
6	45/102	6	0,00	0,91	19,19	36,97	0,00	0,67	0,00	0,00	0,25	22,15	18,63	98,77
7	45/102	7	0,00	0,78	19,62	36,85	0,00	0,48	0,26	0,00	0,00	17,53	24,01	99,53
8	45/102	8	0,35	1,28	18,64	36,23	0,00	1,20	0,44	0,00	0,00	24,53	14,87	97,54
9	45/102	9	0,00	2,04	53,17	28,56	0,00	0,00	0,44	0,00	0,29	0,54	12,51	97,55
10	45/102	10	0,00	7,97	19,61	35,97	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,49	28,09	92,82
11	45/102	11	0,00	7,81	21,11	39,01	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	1,12	29,89	100,34
12	45/102	12	0,00	6,91	21,34	38,91	0,00	1,17	0,00	0,00	0,00	0,68	30,98	99,99
13	45/102	13	0,23	19,09	21,96	40,43	0,00	5,01	0,17	0,00	1,31	0,23	9,17	97,60
14	45/102	14	0,00	18,76	20,95	41,91	0,00	5,47	0,18	0,00	2,87	0,48	8,65	99,27
15	45/102	15	0,00	19,36	21,97	41,44	0,00	5,95	0,00	0,00	3,7	0,45	7,47	100,34
16	33/101	1	0,00	4,85	21,76	38,13	0,1	0,9	0,00	0,00	0,00	1,56	34,67	101,97
17	33/101	2	0,00	7,94	21,37	38,19	0,00	0,65	0,14	0,00	0,00	0,3	30,24	98,83
18	33/101	3	0,00	5,3	21,19	37,32	0,00	6,82	0,00	0,00	0,00	1,95	26,64	99,22
19	33/101	4	0,00	3,6	20,98	36,89	0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	4,28	32,3	99,67

Соотношение миналов в гранатах

№	No	No			Миналы	(%)		
п.п. пробы		зерна	Pyrop	Alm	Spess	Andr	Gross	Uvar
1	45/102	1	5,3	47,56	42,52	_	4,62	-
2	45/102	2	3,66	31,23	63,02	0,09	2,01	-
3	45/102	3	6,72	43,99	47,9	0,08	1,3	-
4	45/102	4	6,03	42,31	46,25	_	5,41	-
5	45/102	5	5,79	43,69	43,68	0,07	6,76	-
6	45/102	6	3,73	42,78	51,52	-	1,95	0,02
7	45/102	7	3,18	54,86	40,56	-	1,41	-
8	45/102	8	5,42	31,91	59,02	0,19	3,46	-
9	45/102	9	21,78	74,94	3,28	_	_	-
10	45/102	10	33,03	63,76	1,15	0,05	2,01	-
11	45/102	11	29,85	63,88	2,43	0,01	3,83	-
12	45/102	12	27,08	68,11	1,51	_	3,3	-
13	45/102	13	71,75	14,23	0,49	0,95	12,10	0,48
14	45/102	14	67,44	17,45	0,98	_	12,94	1,19
15	45/102	15	69,65	14,05	0,92	0,22	13,62	1,54
16	33/101	1	19,09	74,88	3,49	0,06	2,48	_
17	33/101	2	31,09	66,42	0,66	_	1,83	_
18	33/101	3	21,17	54,82	4,43	1,33	18,25	_
19	33/101	4	14,55	70,92	9,83	0,15	4,55	_

Проанализированные гранаты являются преимущественно низкокальциевыми, содержание CaO составляет 0,65–1,62 %, одно зерно характеризуется повышенным содержанием CaO – 6,82 %. Компонентный состав изученных гранатов соответствует альмандин-пиропу. Количество альмандинового минала, составляет от 54,82 до 74,88 % (табл. 2). Содержание пиропового колеблется от 14,55 до 31,09 %. Для всех зерен характерно наличие спессартинового (0,66–9,83 %) и гроссулярового (1,83–18,25 %) миналов, для отдельных проб отмечается присутствие андродитового.

На диаграмме Н. В. Соболева [10] в координатах Cr_2O_3 —CaO проанализированные гранаты не попадают в поле дунит-гарцбургитового парагенезиса (рис. 3).

Зерна хромшпинелидов представлены кристаллами октаэдрического облика (см. рис. 2). Размер зерен составляет 0,1–0,5 мм, отмечается одно зерно, попадающее в гранулометрический класс 0,7 мм. Все хромшпинелиды интенсивно окатаны, для них характерна механогенная поверхность зерен. Она проявлена наличием выбоин, сколов и тонкой коррозионной поверхности.

Для изучения химического состава было проведено 4 микрозондовых анализа (табл. 3). Состав зерен широко варьирует, содержание TiO_2 составляет 0,15–18,74 %, Al_2O_3 – 6,73–24,68 %, MgO – 0,44–8,56 %. Количество Cr_2O_3 довольно постоянно и колеблется от 35,36 до 43,58 %.

Области составов хромшпинелидов отражены на диаграмме Н. В. Соболева [11] в координатах Cr_2O_3 – Al_2O_3 и Cr_2O_3 – TiO_2 (рис. 4). По особенностям химичес-

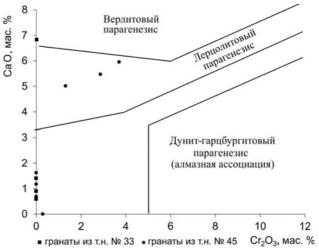


Рис. 3. Диаграмма содержания Cr₂O₃ и CaO в гранатах

кого состава видно, что данные хромшпинелиды не связаны с кимберлитами, они наиболее близки зернам из нижнемамонского массива Воронежской антеклизы [12, 13].

В пробе из т.н. № 33 выделено одно зерно пикроильменита, оно представлено обломком изометричной формы, на его поверхности наблюдаются многочисленные выбоины и отрицательные формы, связанные с гипергенным растворением (см. рис. 2). Пикроильменит низкохромистый и низкомагнезиальный и не связан с кимберлитами (табл. 4).

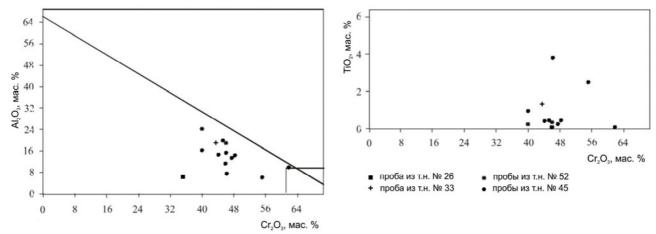
Наибольшее количество МИК было выделено в пробе 45/102, отобранной из альбской толщи (рис. 5).

В точке наблюдения альбские образования

Таблица 3

17				`
Химич	леский	состав	хромшии	инелидов

№ п.п.	№ про-	№ зер-	Концентрация элементов (мас.%)								
J\ <u>≅</u> 11.11.	бы	на	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	V_2O_5	Сумма	
1	45/102	1	0,00	11,82	45,91	32,45	0,00	7,87	0,00	98,05	
2	45/102	2	0,33	15,02	44,17	32,29	0,38	7,24	0,34	99,77	
3	45/102	3	0,00	10,30	61,82	14,91	0,00	11,83	0,00	98,86	
4	45/102	4	0,38	14,77	48,37	27,65	0,00	7,92	0,00	99,09	
5	45/102	5	0,90	16,68	40,04	37,84	0,00	2,48	0,60	98,54	
6	45/102	6	0,00	15,88	46,15	26,15	0,75	8,97	0,00	97,90	
7	45/102	7	3,81	7,89	46,20	29,36	0,66	12,76	0,00	100,68	
8	45/102	8	0,38	20,24	45,38	25,54	0,00	9,16	0,00	100,70	
9	45/102	9	2,43	6,6	55,08	24,43	0,00	12,27	0,00	100,81	
10	45/102	10	0,15	13,91	47,5	37,65	0,48	1,88	0,42	101,99	
11	33/101	1	1,25	19,3	43,58	27,93	0,68	3,45	0,82	97,01	
12	26/101	1	18,74	6,73	35,36	32,36	0,88	0,44	1,09	95,60	
13	52/101	1	0,15	24,68	40,12	27,69	0,3	8,23	0,25	101,42	
14	52/101	2	0,26	19,43	46,09	25,68	0,00	8,56	0,23	100,25	



 $Puc.\ 4$. Особенности состава хромшпинелидов в координатах TiO_2 – Cr_2O_3 и Al_2O_3 – Cr_2O_3 (диаграмма Н. В. Соболева).

Химический состав ильменитов и пикроильменитов

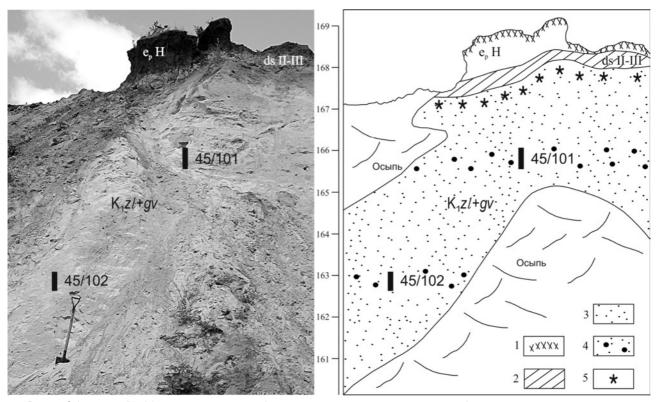
№ п.п.	№ про-	- № зер-	Концентрация элементов (мас.%)								
71⊻ 11.11.	бы	на	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	V_2O_5	Сумма	
1	26/101	1	69,82	0,69	0,18	27,03	0,47	0,00	0,41	98,60	
2	26/101	2	63,25	0,31	0,00	32,06	0,31	0,32	0,68	96,93	
3	26/101	3	65,42	0,23	0,16	31,91	0,5	0,41	0,00	98,63	
4	33/101	1	67,28	0,51	0,00	22,29	3,02	0,18	0,42	93,70	
5	33/101	2	63,63	0,49	0,00	28,72	1,21	0,00	0,48	94,53	
6	33/101	3	72,74	0,48	0,21	23,57	1,06	0,00	0,00	98,06	
7	33/101	4	55,85	0,82	0,00	37,62	0,28	6,49	0,44	101,50	

представлены песками желтовато-серыми до ржавожелтых, мелко- тонко-зернистыми, хорошо отсортированными, преимущественно кварцевыми, с примесью зерен темноцветных минералов и глауконита, с редкими мелкими чешуйками слюды. В песках отмечаются прослои (мощностью до 0,2 м), обогащенные гравийным материалом.

Опробование проводилось из прослоев обогащенных гравием, всего отобрано две пробы. МИК выделены из пробы 45/102, отобранной из нижней части разреза.

В составе акцессорных минералов проанализированной пробы резко преобладает ильменит – почти 64 %, среди прозрачных минералов доминирует

Таблица 4



Puc. 5. Обнажение № 45 с интервалами опробования на минералы-индикаторы кимберлитов: I – почвенно-растительный слой, 2 – суглинок, 3 – песок обогащенный гравием, 5 – ожелезнение.

циркон – более 14 %, дистен – 6 %, количество рутила, ставролита, турмалина колеблется от 1 до 3 %. Содержание гранатов составляет 1,7 %.

Среди гранатов выделено две группы, первая относится к альмандин-пироповому ряду, гранаты второй группы относятся к спессартин-альмандину.

Для гранатов первой группы характерен красновато-розовый цвет, размер зерен изменяется в интервале от 0,2 мм до 1,5 мм, при преобладании размерности 0,25–0,5 мм (рис. 6). Среди гранатов альмандин-пиропового ряда по морфологии поверхности зерен выделено две группы, гранаты с гипергенной поверхностью и гипергенно-механогенной поверхностью.

Гранаты с гипергенной поверхностью встречаются сравнительно редко, среди них можно выделить две подгруппы: первая – зерна с микробугорчатым гипергенным рельефом поверхности, вторая – зерна с отрицательными формами рельефа поверхности в виде углублений и сети каналов травления, характерных для дислокационного типа растворения.

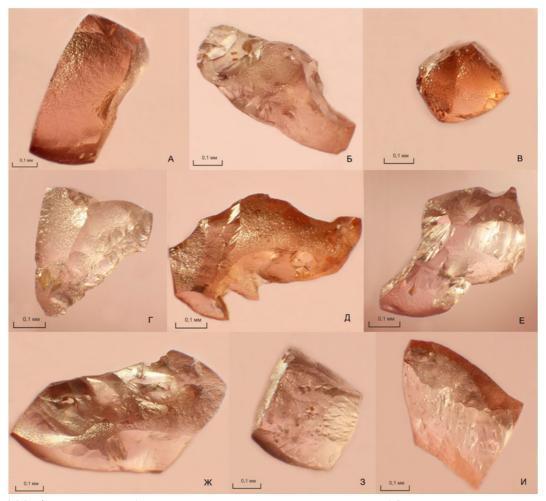
Вторая группа — это гранаты с гипергенномеханогенной поверхностью, данная группа преобладает. Они характеризуются более низкой степенью окатанности.

Подобные типоморфные признаки (угловатоокатанный облик, а также специфичные скульптуры поверхности) свидетельствуют о том, что данные гранаты многократно претерпели переотложение и, скорей всего, потеряли связь с коренным источником. Компонентный состав изученных гранатов соответствует альмандин-пиропу (4 зерна) и пиропальмандину (3 зерна). В альмандин-пиропах количество альмандинового минала составляет от 63,76 до 74,94 %, пиропового – от 21,78 до 33,03 % (см. табл. 2). Для всех зерен характерно наличие спессартинового минала (1,15–3,28 %) для отдельных проб отмечается присутствие андродитового и гроссулярового. В пироп-альмандинах пироповый минал резко преобладает над альмандиновым, составляя 67,44–71,75 %. Характерно повышенное количество гроссулярового минала до 13,62 %.

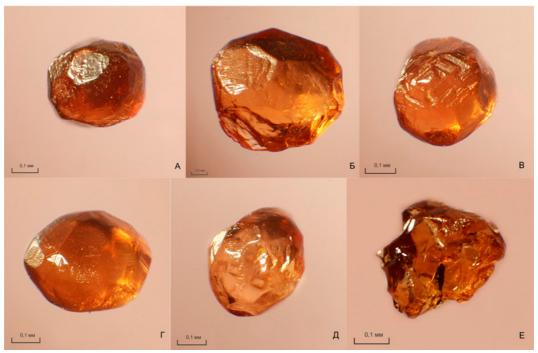
Особенности химического состава гранатов первой группы представлены в таблице (см. табл. 1). Содержание MgO в альмандин-пиропах невысокое и колеблется от 2,04 до 7,97 %, количество оксида кальция не превышает 1,4 %, также очень низки значения оксида хрома. Для пироп-альмандинов характерны более высокие содержания MgO (18,76–19,36 %), CaO (5,01–5,95 %) и Cr₂O₃ (1,31–3,7 %).

По особенностям химического состава установлено, что данные гранаты не связаны с кимберлитовыми породами. На генетической диаграмме Н.В. Соболева большая часть гранатов попадают в поле лерцолитового парагенезиса, пиропы алмазной ассоциации не выявлены (см. рис. 3).

Гранаты второй группы относятся к спессартинальмандину, для них характерен оранжево-красный и насыщенный красный цвет, размер зерен изменяется в интервале от 0,4 мм до 1,5 мм, при преобладании гранатов размерности 0,7–1,0 мм (рис. 7).



 $Puc.\ 6.\$ Морфологические особенности гранатов альмандин-пиропового ряда: A-B — зерна с растворением по кубоидному типу; F-K — зерна с гипергенно-механогенной поверхностью; 3-M — гранаты с дислокационным типом растворения.



 $Puc.\ 7.\$ Морфологические особенности гранатов спессартин-альмандинового ряда: A-B — пентагондодекаэдры; Γ - \mathcal{I} — тетрагонтриоктаэдры; E — обломок без кристаллографических очертаний.

Гранаты в своем большинстве представлены слабо изношенными кристаллами пентагондодекаэдров и тетрагонтриоктаэдров, без признаков гипергенного растворения. Намного реже встречаются обломки без кристаллографических очертаний, которые имеют слабую степень окатанности.

По своему химическому составу гранаты относятся к спессартин-альмандинам, количество альмандинового минала составляет от 31,2 до 54,8 %, а спессартинового – от 40 до 63 % (см. табл. 2). Содержание MgO в данных гранатах колеблется от 0,78 до 1,54 %, количество оксида марганца составляет от 18,63 до 26,99 %, $Al_2O_3 - 18,64-20,48$ % (см. табл. 1).

Гранаты спессартин-альмандинового ряда не связаны с кимберлитами, наиболее часто они встречаются в пегматитах. Кроме пегматитов гранаты с повышенным содержанием MnO характерны для Тим-Ястребовской структуры. Однако спессартины, выделенные из этих образований, характеризуются повышенными содержаниями CaO и пониженными Al_2O_3 и относятся к спессартин-гроссуляровому ряду [14].

Хромшпинелиды обнаружены в количестве 48 зерен. По гранулометрическому составу они достаточно разнородны, их размер колеблется от 0,1 до 0,5 мм, при преобладании размерности 0,16–0,25 мм (рис. 8). Зерна хромшпинелидов представлены плоскогранными кристаллами октаэдрического габитуса, встречаются обломки зерен неопределенной формы. Характер поверхности зерен гипергенно-механогенный.

По морфологии и степени механического износа

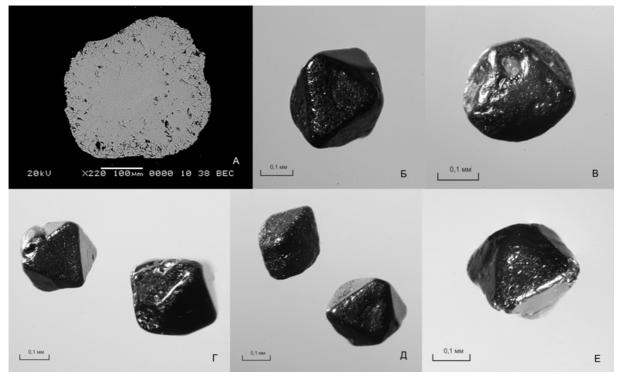
изученные зерна хромшпинелидов подразделяются на две группы. Первая – гладкогранные и слабо корродированные зерна, представленные октаэдрами, вторая – хорошо окатанные зерна октаэдрического габитуса с коррозионной поверхностью и обломки зерен.

Химический состав хромшпинелидов показан в таблице (см. табл. 3), содержание Cr_2O_3 составляет от 40 до 61,8 %, TiO_2 – до 3,81, MgO – 1,88–12,76 %. На диаграмме Н.В. Соболева большинство зерен находится в поле неалмазоносных пород, одна точка непосредственно с полем пород, связанным с алмазоносными породами.

По особенностям химического состава хромшпинелиды являются полигенными, большинство из которых связано с неалмазоносными породами некимберлитовой природы, одно зерно связано с кимберлитовыми источниками.

Кроме минералов-индикаторов кимберлитов в разрезе т.н. № 45 встречена специфическая ассоциация минералов, парагенетически связанная с гранатами спессартин-альмандинового ряда: ганит, благородная шпинель, анатаз, крупные цирконы (рис. 9).

Зерно цинковой шпинели (ганита) представлено обломком кристалла октаэдрического облика, оно имеет насыщенный зеленый цвет. По данным микрозондового анализа ганит содержат более 30 % оксида цинка, при содержании FeO до 7 %, MgO около 2 %. Ганит является типичным акцессорным минералом пегматитов, кроме того, встречается в скарнах, отдельные находки известны в метаморфических породах.



Puc.~8.~ Морфологические особенности хромшпинелидов: A — окатанное зерно октаэдрического габитуса с гипергенной поверхностью; B — окатанное зерно октаэдрического габитуса с гипергенно-механогенной поверхностью; B — обломок кристалла, с механогенной поверхностью; F — зерна октаэдрического габитуса, с механогенной поверхностью; E — зерно октаэдрического габитуса с многочисленными выбоинками и микросколами.

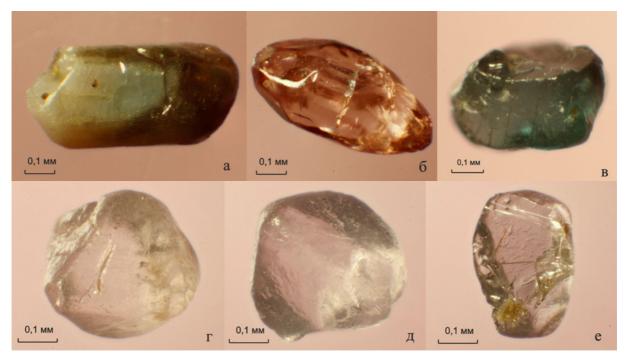


Рис. 9. Ассоциация акцессорных минералов, связанная с пегматитами: A-E — цирконы; B — ганит; Γ -E — благородная шпинель.

Зерна благородной шпинели представлены октаэдрическими кристаллами со сглаженными углами размером до 0,6 мм, реже в виде обломков кристаллов или неправильных зёрен. Шпинель бесцветная, от водяно-прозрачной до идеально прозрачной. Зерна анатаза имеют изометричную форму, на их поверхности наблюдаются многочисленные выбоины. По данным микрозондового анализа они содержат до 16,3 % оксида ниобия, и 1,6 % оксидов вольфрама и олова. Цирконы встречаются в виде кристаллов и их обломков имеют размер до 1,5–2 мм, среди них можно выделить длинопризматические разности и цирконы гиацинтового типа.

Представленная ассоциация минералов характерна для пегматитов [15]. Данные акцессории не связаны с кимберлитами, однако, используя их можно установить положение первичного источника сноса. В процессе переноса вышеописанные минералы претерпели следующий путь: коренной источник – промежуточные коллекторы – альбская толша.

Пегматиты в пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ) известны в районе Лосевской шовной зоны и мегаблока КМА, это малиновский и павловский комплексы нижнего протерозоя (рис. 10) [16].

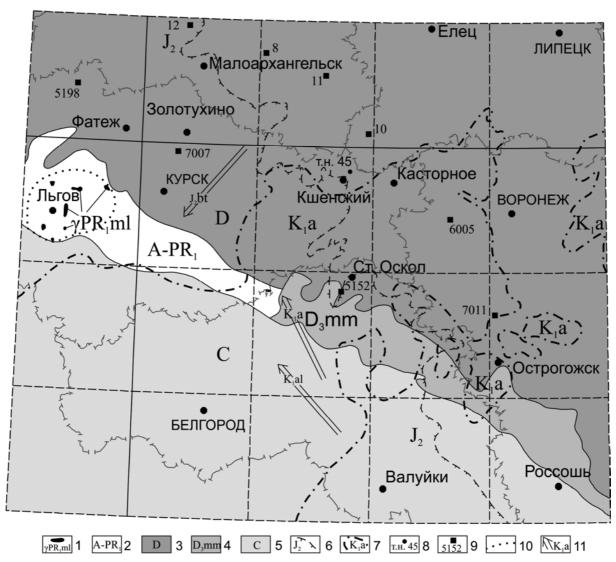
Выводы

Промежуточными коллекторами в пределах Воронежской антеклизы могут являться отложения девонского, каменноугольного, юрского и нижнемелового возраста. При этом размываемые коренные образования располагались сравнительно недалеко от конечного коллектора (т.н. № 45),

и акцессорные минералы не претерпели многократного переотложения. На это указывает наличие гранатов спессартинового ряда, представленных кристаллами без признаков окатанности и гипергенного растворения. В альбское время снос материала шел с юга, материал поступал при размыве пород аптского яруса, имеющих континентальный генезис. В аптский век снос так же происходил с юга территории, одним из основных источников материала являлись породы мамонской толщи. Однако гранаты, выделенные в данной толще, несут явные признаки гипергенного растворения [17] и существенно отличаются от найденных в разрезе т.н. № 45.

Отложения девона и карбона морского генезиса из списка предполагаемых коллекторов можно исключить, так как по типоморфным признакам выделенные акцессории не претерпели многократного переотложения. На основании этого можно предположить, что в аптские отложения выделенная ассоциация акцессорных минералов поступала из образований юрского возраста (батский и келловейский ярус), которые залегают на породах кристаллического фундамента южнее линии Севск-Курск-Старый Оскол, в сводовой части Воронежского кристаллического массива (см. рис. 10).

Таким образом, находки МИК алмазной ассоциации позволяют говорить, что в альбское время на данной территории существовали алмазоносные трубки. Пространственно пробы тяготеют к югозападному обрамлению Олымского массива, однако прогнозируемый источник сноса располагался южнее, в пределах сводовой части ВКМ, в районе г. Льгов.



 $Puc.\ 10.\$ Примерное положение прогнозируемого источника сноса, составлено с использованием [16, 18]: I — малиновский комплекс; 2 — кристаллический фундамент; 3 — девонские образования; 4 — мамонская толща; 5 — каменноугольные отложения; 6 — границы распространения юрских образований (батский ярус); 7 — границы распространения аптских отложений континентального генезиса; 8 — точка наблюдения № 45; 9 — находки МИК в мезозойском коллекторе, по данным [3, 6, 7]; 10 — прогнозируемый источник сноса; 11 — направление сноса в альбское, аптское и батское время.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. *Михайлов, М. В.* Перспективы обнаружения на Русской платформе новых среднепалеозойских месторождений алмазов / М. В. Михайлов, Г. А. Беляев, Т. С. Кузьмина [и др.] // Региональная геология и металлогения, 2000. − № 12. − C. 158−177.
- 2. Савко, А. Д. Ассоциация минералов-индикаторов алмазоносности в осадочном чехле Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Ильяш // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж. – 2001. – С. 423–433.
- 3. *Савко, А. Д.* О типоморфизме и коренных источниках алмазов нижнемелового коллектора северо-востока Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Ильяш // Тр. науч.-исслед. ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. Вып. 11. Воронеж: Изд-во ВГУ. 2002. С. 64–73.
- 4. Савко, А. Д. Прогноз коренной алмазоносности Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, Л. Т. Шевырёв, В. В. Ильяш // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании «АЛРОСА»; современное состоя-

- ние, перспективы, решения: мат-лы конф. Мирный. 2003. С. 170-185.
- 5. Сравнительная характеристика типоморфных особенностей алмазов из терригенных отложений Воронежской антеклизы (Липецкая область) и Украинского щита (среднее Приднепровье) в связи с проблемой прогнозирования и поисков их коренных источников / Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко, В. И. Коптиль [и др.] // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология, № 2. 2004. С. 99–110.
- 6. *Черешинский, А. В.* Акцессорные минералы базальных горизонтов Воронежской антеклизы (в связи с вопросами алмазоносности) / А. В. Черешинский, А. Д. Савко // Тр. науч.-исслед. ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. Вып. 48. Воронеж: Изд-во ВГУ. 2007. 120 с.
- 7. ${\it Шевырев}$, Л. Т. Алмазоносность центральной части Восточно-Европейской платформы (Воронежская антеклиза) / Л. Т. Шевырев, А. В. Черешинский // Тр. науч.-исслед. ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. Вып. 90. Воронеж: Изд-во ВГУ. 2015. 283 с.
- 8. Черешинский, А. В. Характеристика минералов-

- спутников алмазов бассейна реки Сейм (Курская область) / А. В. Черешинский // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. 2005. –
- 9. Черешинский, А. В. Минералы-спутники алмазов из меловых отложений северо-западного склона Воронежской антеклизы / А. В. Черешинский // Вестн. Воронеж. гос. унта. Сер.: Геология. Воронеж. 2015. № 4. С. 114–121. 10. Соболев, Н. В. Парагенетические типы гранатов / Н. В. Соболев. М. 1964. 217 с.
- 11. *Соболев, Н. В.* О минералогических критериях алмазоносности / Н. В. Соболев // Геология и геофизика, $1971. N_2 1. C. 70–80.$
- 12. Плаксенко, Н. А. Сравнение комплексов акцессорных минералов литологических формаций архея и нижнего протерозоя курской магнитной аномалии / Н. А. Плаксенко, И. Н. Щеголев, В. В. Ильяш // Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы: Сб. науч. тр.— Воронеж. —1975. С. 3—22.
- 13. *Плаксенко, Н. А.* Акцессорные минералы дифференцированных никеленосных интрузий Воронежского кристаллического массива / Н. А. Плаксенко. Воронеж. 1981. 228 с.

НИИ Геологии Воронежского госуниверситета

Черешинский Алексей Васильевич, ответственный исполнитель, кандидат геолого-минералогических наук

E-mail: vsu31022@mail.ru Тел.: 8 (473) 220-78-42

- 14. *Савко, К. А.* Типы зональности гранатов и метаморфическая эволюция метапелитов Тим-Ястребовской структуры, Воронежский кристаллический массив / К. А. Савко, Т. Н. Полякова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. Воронеж. 2000. № 10. С. 64–79.
- Редкометалльные пегматиты / В. Е. Загорский,
 В. М. Макагон, Б. М. Шмакин [и др.] // Гранитные пегматиты. Т. 2. Новосибирск. 1997. 285 с.
 Воротникова, Г. В. Государственная геологическая
- 16. Воротникова, Г. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-36 (М-36) Смоленск. Объяснительная записка / Г. В. Воротникова, Е. А. Гаврюшова, С. В. Друцкой, А. В. Журавлев [и др.]. СПб. 2011. 267 с.
- 17. Савко, А. Д. Литология и полезные ископаемые мамонской песчано-каолиновой толщи Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский, Л. Т. Шевырев // Тр. научисслед. ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. Вып. 53. Воронеж: Изд-во ВГУ. 2009. 112 с.
- 18. *Савко, А. Д.* Объяснительная записка к атласу фациальных карт Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский, А. И. Мизин [и др.] // Тр. НИИ Геологии ВГУ. Вып. 20. Воронеж: Изд-во ВГУ. 2004. 107 с.

Research Institute of Geology of the Voronezh State University Chereshinskii A. V., responsible contractor, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences

E-mail: vsu31022@mail.ru Tel.: 8 (473) 220-78-42