

УДК 551.7:549(470.32)

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ-СПУТНИКОВ АЛМАЗОВ БАСЕЙНА РЕКИ СЕЙМ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.В. Черешинский

Воронежский государственный университет

В статье приведены данные о минералах-спутниках алмазоносного магматизма. Даны морфологические описания пиропов и хромшпинелидов, показан их химический состав. Выделены перспективные с поисковой точки зрения пиропы и хромшпинелиды.

Территория Воронежской антеклизы перспективна на обнаружение здесь алмазов [1-4]. Одним из интересных в этом плане участков на ней является площадь бассейна реки Сейм [5,6], где кристаллический фундамент сложен архейскими образованиями, с которыми согласно правилу Клиффорда может быть связан кимберлитовый магматизм.

В процессе проведения работ по геологическому доизучению листа М-37-1 были выявлены наиболее перспективные обнажения для отбора проб на минералы-спутники алмазов (МСА). В ходе полевых работ было опробовано 12 обнажений, из них отобрано 35 проб (рис. 1). Начальный их вес составил не менее 50 кг, пробы отбирались послойно-секционным борздовым

способом на полную или вскрытую мощность полезной толщи с длиной борзды не более 1 м, в среднем 0,5 м.

При отборе проб учитывались вариации литотипов в разрезах, и в соответствии с этим определялась длина и характер пространственного расположения борзды, а в отдельных случаях производилась смена борздового на штупное опробование. Повышенное внимание при опробовании уделялось базальным горизонтам, а также интервалам внутриформационных перемычковых, обогащенных грубой фракцией и представленных, как правило, несортированным материалом «мусорного типа». Далее пробы промывались на лотке сибирского типа до получения серого шлиха, анализ которого проводился в ВГУ и ЦНИГРИ (г. Москва).

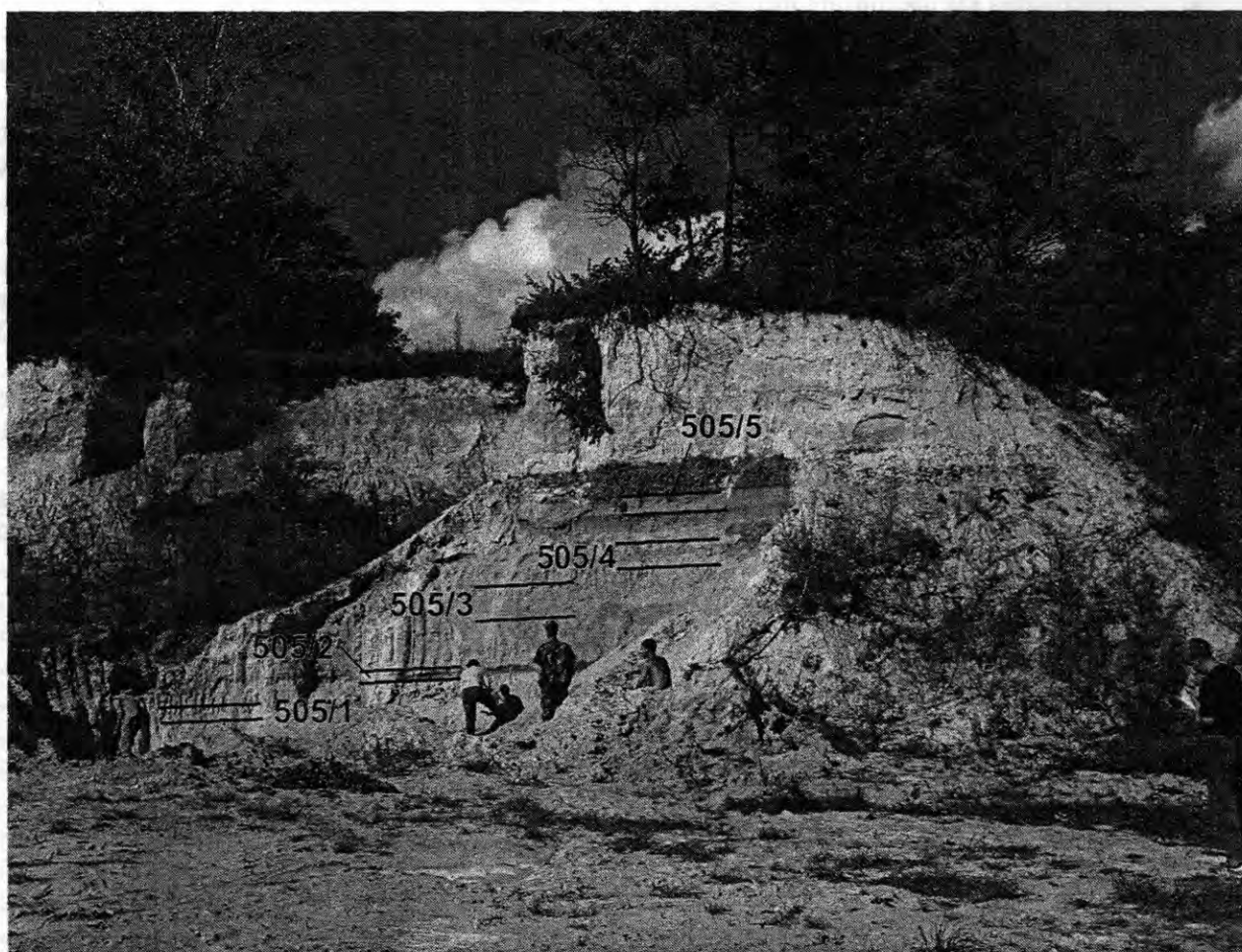


Рис. 1. Обнажение № 505 с интервалами опробования на минералы-спутники алмазов

Тяжелая фракция полученных проб представлена в основном зернами класса крупности менее 0,25 мм, а степень окатанности соответствует в основном 2-3 классу. Выделена следующая ассоциация минералов тяжелой фракции: ильменит, алмадин, ставролит, рутил, гидроксиды железа, лейкоксен, циркон, рутил. В единичных зернах встречаются: дистен, амфибол, шпинель, эпидот, апатит, монацит, пирит. Ниже приводятся характеристики основных минералов.

Ильменит является наиболее распространенным из них, составляет более половины массы шлиха, представлен окатанными и угловато-окатанными зернами. Цвет минерала буро-черный до железо-черного и зависит от степени изменения ильменита.

Ставролит присутствует в больших количествах, в виде угловато-окатанных, реже окатанных зерен. Также характерны обломки кристаллов темно-красного, до красно-бурого, цвета. Часто переполнен минеральными включениями, среди которых преобладает ильменит.

Турмалин характерен для всех проб, представлен обломками кристаллов, а также в виде хорошо окатанных зерен с блестящей полированной поверхностью. Цвет минерала коричневато-бурый, до светло-коричневого, довольно часты газово-жидкие включения.

Алмадин широко распространен, для него характерны угловато-окатанные зерна, розового и оранжевого цвета различной интенсивности. Поверхность зерен мелкоямчатая, шероховатая.

Гидроксиды железа являются типичными, форма их нахождения в виде землистых образований, оолитов, стяжений. Имеют желтоватый, буровато-желтый и бурый цвет.

Лейкоксен присутствует во всех пробах, преобладающая форма округлая, лепешковидная, неправильно угловатая. Поверхность у зерен в основном гладкая, реже шероховатая.

Циркон содержится в значительных количествах, встречается в виде угловато-окатанных зерен розового и белого цвета. Блеск сильный алмазный, реже стеклянный, большая часть зерен прозрачна.

Рутил является типичным минералом, наблюдается в виде кристаллов, сохраняющих удлиненно-призматические очертания. Цвет минерала коричнево-красный, красный, черный.

В результате минералогического анализа проб были выделены минералы-спутники алмазов, которые играют большую роль при поиске кимберлитов. Одним из важнейших минералов кимберлитов является пироп, он встречен в знаковых количествах в 14 шлиховых пробах. Содержание пиропов в пробе колеблется от 1 до 3 знаков. По размеру они дифференцируются следующим образом: средний размер зерен 0,25-0,5 мм, пиропы менее 0,25 мм составляют около 35 %. Встречены три зерна, которые имеют размер крупнее 0,5 мм.

Пиропы слабо окрашены, их цвет в основном фиолетовый и малиновый. Внешний облик пиропов довольно разнообразен (рис. 2). По результатам исследования пиропов выделено два их характерных морфологических типа: зерна с механогенной и гипергенно-механо-

генной поверхностью, причем вторые резко преобладают. Первый тип – пиропы уплощенно-округлой формы, эллипсоидные с гладкой блестящей поверхностью, с так называемой «леденцовой» скульптурой, которая возникла за счет механогенной полировки. Среди этих зерен преобладают окатанные от 2-го до 4-го класса.

Второй тип – пиропы с гипергенно-механогенной поверхностью, имеют грубошероховатую, бороздчатую или ямчатую поверхности, свидетельствующие об интенсивной коррозии пиропов [7]. Проявлен как каплевидно-кубоидный (см. рис. 2з), так и дислокационный типы коррозии, при резком преобладании второго. Дислокационный тип коррозии выражается в развитии каналов травления по дефектам кристаллической решетки минерала. Данный тип коррозии проявляется в виде отрицательных форм рельефа, представленных треугольными углублениями на поверхности зерен (см. рис. 2а-ж).

На большинстве зерен видно, что вначале они были растворены, а только потом подвергались механической обработке. Зерна с гипергенно-механогенной поверхностью окатаны слабее, до 2-го, реже до 3-го класса. Наиболее интересными для изучения являются зерна с хорошо развитым дислокационным типом коррозии. Такие пиропы имеют трещиноватую, дефектную оболочку, которая быстро разрушается (см. рис. 2а,б). Таким образом, данные зерна не могут переноситься далеко и располагаются невдалеке от источника сноса.

Остальная большая часть пиропов имеет сложную историю морфогенеза. Вначале они подверглись процессам коррозионного травления, проявившегося в различной степени, затем пиропы подверглись износу при возвратно-поступательных движениях в прибрежно-морских условиях и в большинстве своем потеряли связь со своими коренными источниками, или ее выявить очень сложно.

Особенности химического состава пиропов показаны в таблице 1. По результатам микронзондового анализа 19 зерен относятся к пиропу и 10 к пироп-алмадину. Содержание малохромистых пиропов ($Cr_2O_3 < 2$) небольшое, около 15 %. Содержание Cr_2O_3 колеблется от 1,37 до 4,64 мас. %, CaO от 4,74 до 6,78. Особенностью химизма пиропов является их пониженная железистость, не более 10,95 мас. %. Некоторые пиропы содержат минимальное количество оксида титана – близкое к нулю. Максимальное количество TiO_2 составляет 0,5 мас. %.

По содержанию Cr_2O_3 и CaO (на диаграмме Н.В. Соболева) половина зерен попадает в область лерцолитового тренда, другая половина – в поле верлитового парагенезиса (рис. 3). Пиропы алмазного дунит-гарцбургитового парагенезиса не обнаружены.

Кроме пиропов в 17 изученных пробах отмечают хромшпинелиды. Среднее их содержание от двух до шести знаков, в одной пробе обнаружено 34 хромшпинелида. Размер зерен составляет от 0,15 до 0,25 мм, они характеризуются средней сохранностью и различной степенью окатанности от 2-го до 4-го класса, с преобладанием зерен с третьей степенью окатанности.

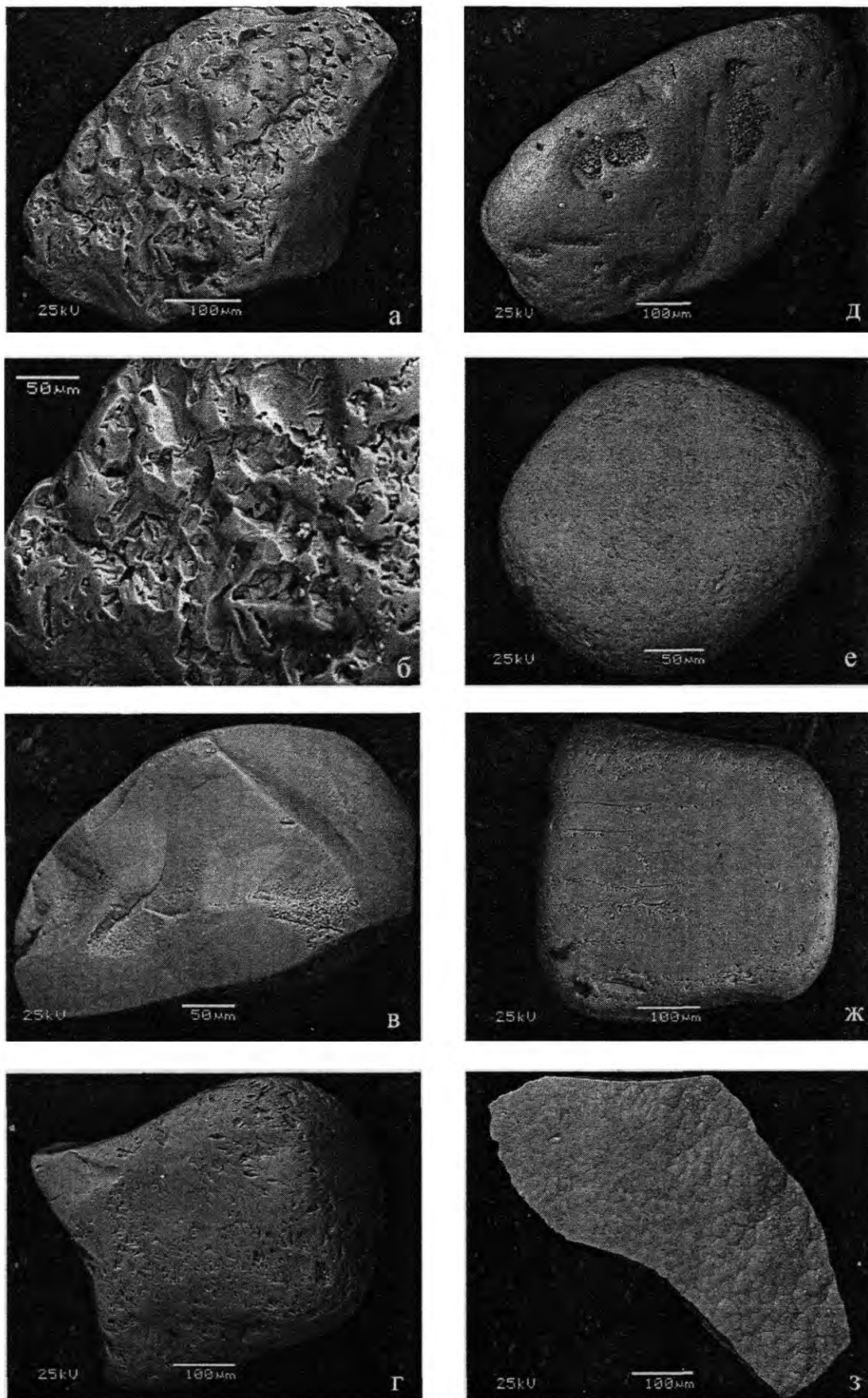


Рис. 2. Фотографии морфологических типов пиропов из шлиховых проб:

а – угловато-окатанный обломок зерна, с дислокационным типом гипергенной коррозии, проба 505/301; *б* – зерно из пробы 505/301, деталь поверхности; *в* – зерно с фрагментами тонкого коррозионного рельефа дислокационного типа, проба 410/304; *г* – пироп с реликтами тетрагональных ямок травления и отдельными микровыбоинками на выступающих частях зерна, проба 406/302; *д* – целое зерно с реликтами тетрагональных ямок травления, проба 519/301; *е* – окатанный пироп с реликтами коррозионного гипергенного рельефа, проба 519/301; *ж* – угловато-окатанный обломок зерна с тонким коррозионным рельефом, проба 406/302; *з* – угловатый обломок зерна неправильной формы со скульптурой поверхности кубоидного типа, проба 410/303

Таблица 1

Химический состав пиропов

№ пп	№ пробы	Кол-во зерен	Концентрация элементов (мас. %)												Сумма
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	NiO		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
пиропы															
1	281/302	1	41,84	0,10	20,96	3,47	7,16	19,31	0,37	5,72	0,00	0,00	0,00	98,93	
2	281/302	2	41,98	0,06	22,23	1,37	9,00	18,72	0,44	5,28	0,00	0,00	0,00	99,08	
3	281/302	3	41,40	0,11	21,14	2,51	10,95	17,11	0,58	5,47	0,00	0,02	0,00	99,29	
4	406/302	1	41,57	0,00	20,64	3,65	7,64	18,25	0,42	6,78	0,03	0,02	0,04	99,04	
5	406/302	2	41,58	0,04	20,83	3,43	7,88	18,41	0,44	6,27	0,03	0,00	0,00	98,91	
6	406/302	3	42,03	0,23	19,85	4,64	6,61	20,14	0,31	5,69	0,02	0,01	0,08	99,61	
7	406/302	4	42,05	0,10	22,46	1,51	8,68	19,05	0,38	5,07	0,03	0,00	0,00	99,33	
8	410/304	1	42,09	0,07	21,98	1,88	7,48	19,21	0,48	5,69	0,03	0,00	0,00	98,91	
9	410/306	1	42,00	0,10	21,64	2,18	8,40	19,11	0,43	5,35	0,02	0,00	0,00	99,23	
10	422/309	1	42,26	0,00	21,47	2,87	7,20	19,40	0,48	5,64	0,00	0,00	0,01	99,33	
11	422/309	2	42,20	0,50	20,74	2,46	8,53	19,89	0,32	4,74	0,05	0,00	0,07	99,50	
12	505/301	1	42,22	0,03	21,27	3,01	8,10	19,23	0,60	5,11	0,04	0,00	0,03	99,64	
13	505/301	2	41,99	0,03	21,22	3,11	7,42	19,33	0,45	5,84	0,00	0,00	0,00	99,39	
14	505/303	1	41,74	0,11	21,37	3,09	7,23	20,16	0,38	4,96	0,02	0,00	0,03	99,09	
15	505/305	1	41,61	0,09	21,23	2,94	8,07	18,91	0,52	5,88	0,03	0,03	0,00	99,31	
16	505/305	2	41,46	0,10	21,30	2,99	8,32	18,65	0,54	5,62	0,00	0,01	0,03	99,02	
17	519/301	1	41,80	0,11	21,30	2,70	8,03	18,90	0,51	5,69	0,02	0,00	0,00	99,06	
18	519/301	2	41,83	0,09	22,04	2,02	8,37	19,23	0,43	5,09	0,00	0,00	0,04	99,14	
19	519/302	1	42,68	0,50	21,15	1,46	8,63	20,66	0,26	4,30	0,07	0,01	0,00	99,72	
пироп - альмандины															
1	406/303	1	40,21	0,07	22,60	0,00	16,24	14,33	0,37	6,20	0,00	0,00	0,00	100,02	
2	410/302	1	41,07	0,04	22,93	0,04	13,97	15,42	0,22	7,42	0,01	0,00	0,00	101,12	
3	410/302	2	40,54	0,10	22,04	0,06	18,15	13,25	0,39	5,87	0,05	0,00	0,00	100,45	
4	410/302	3	40,57	0,13	22,52	0,07	15,76	13,37	0,37	7,86	0,03	0,00	0,00	100,68	
5	410/303	1	40,14	0,23	22,46	0,06	16,04	12,51	0,30	7,63	0,02	0,00	0,01	99,40	
6	410/305	1	40,45	0,12	21,40	0,00	22,20	10,84	0,45	5,79	0,05	0,00	0,05	101,35	
7	505/303	1	39,53	0,08	20,25	0,02	21,31	9,73	7,03	1,11	0,02	0,00	0,02	99,10	
8	519/301	1	39,13	0,20	21,93	0,05	19,25	8,33	0,31	10,71	0,01	0,00	0,00	99,92	
9	519/301	2	41,16	0,01	22,12	0,02	13,80	22,25	0,30	1,11	0,04	0,01	0,01	100,83	
10	519/301	5	38,46	0,00	22,03	0,09	28,35	8,00	0,71	2,70	0,00	0,00	0,01	100,35	

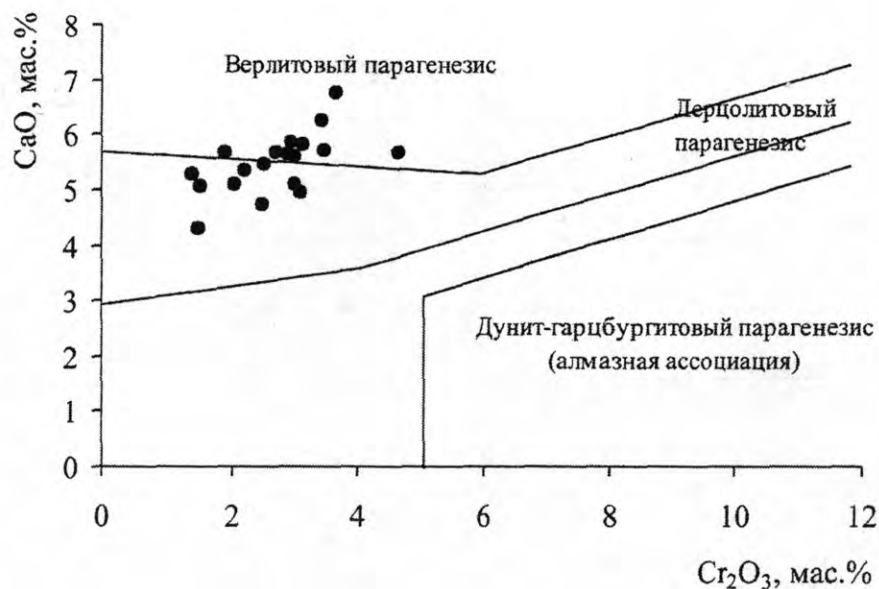


Рис. 3. Диаграмма содержания Cr₂O₃ и CaO в пиропе

Для минерала характерны целые кристаллы, количество обломков невелико (рис. 4). По отдельным зернам хромшпинелида можно судить об их длительном шлиховании в прибрежно-морской зоне, так как они сильно изношены до 3-4-го класса, хотя хромшпинелид плохо подвергается окатыванию [7].

Зерна хромшпинелида представлены октаэдрами с притупленными ребрами и вершинами. На поверхности зерен можно выделить два типа коррозии: механогенная и гипергенная, с преобладанием первой. Механогенная представлена небольшими ямками, микровыбоинами. Гипергенная коррозия проявлена



Рис. 4. Фотографии морфологических типов хромшпинелидов

Химический состав хромшпинелидов

№ п/п	№ пробы	Кол-во зерен	Концентрации элементов (мас.%)						
			TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	406/301	1	0,10	12,73	48,61	28,79	1,31	7,23	98,77
2	406/301	2	0,15	6,17	58,17	28,72	1,60	4,33	99,14
3	406/302	1	0,19	37,81	29,70	17,72	0,80	12,95	99,17
4	406/302	2	0,08	10,77	60,72	19,85	1,40	5,95	98,77
5	406/302	3	0,21	13,95	52,34	21,95	1,32	9,31	99,08
6	406/302	4	0,08	14,39	54,72	20,48	1,44	8,19	99,30
7	406/302	5	0,04	6,36	63,84	18,79	1,84	8,43	99,30
8	406/302	6	0,09	13,07	57,59	20,03	1,45	7,12	99,35
9	406/302	7	0,12	16,24	50,49	21,74	1,27	9,31	99,17
10	406/302	8	0,08	13,70	53,70	22,31	1,29	8,39	99,47
11	406/302	9	0,16	21,04	44,93	21,07	1,05	11,12	99,37
12	406/302	10	0,10	26,95	40,27	19,34	1,01	11,50	99,17
13	406/303	1	1,40	8,47	50,24	32,58	1,39	4,85	98,93
14	406/303	2	0,07	17,40	50,85	15,79	1,52	12,82	98,45
15	406/303	3	0,08	12,38	57,43	22,04	1,42	5,50	98,85
16	410/302	1	0,13	13,83	59,33	16,56	1,33	8,00	99,18
17	410/302	2	5,94	9,78	41,34	39,69	1,25	0,28	98,28
18	410/302	3	0,34	17,14	42,30	27,82	1,16	9,72	98,48
19	410/305	1	0,52	25,41	38,65	27,69	1,40	5,40	99,07
20	410/305	2	0,04	10,59	59,30	19,18	1,42	9,02	99,55
21	422/303	1	0,08	15,43	53,90	18,44	1,23	10,56	99,64

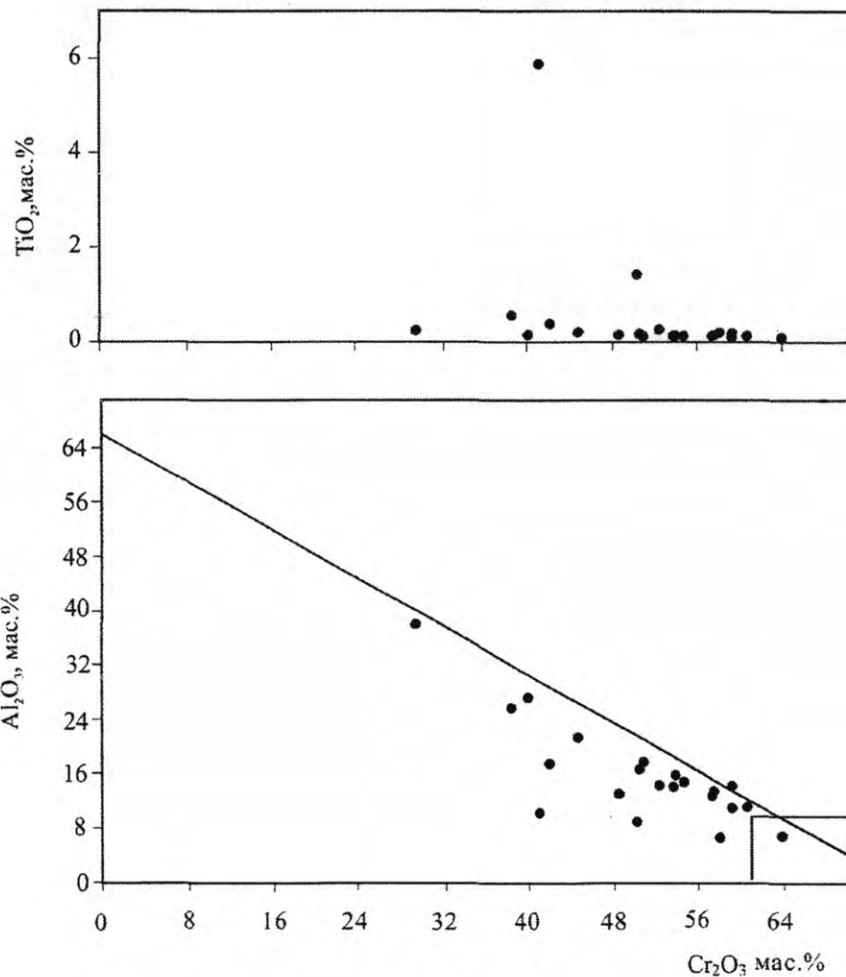


Рис. 5. Особенности химического состава хромшпинелидов

в виде каналов травления, небольших углублений на поверхности зерен V-образной формы, микротрещин. Кристаллы подобного облика относятся к группе полигенных хромшпинелидов.

Для изучения химического состава хромшпинелидов было проанализировано с помощью микрозондового анализа 21 зерно. Состав зерен широко варьирует, особенно по содержанию Cr_2O_3 и Al_2O_3 (табл. 2). Содержание Cr_2O_3 составляет от 29,7 до 63,84 мас. %, Al_2O_3 от 6,17 до 37,81. Хромшпинелиды отличаются низким содержанием TiO_2 (0,04-0,52), лишь у двух зерен значения TiO_2 больше, максимум 5,94 мас. %. Также относительно повышено количество оксида марганца, до 1,84 мас. %. Для сравнения – содержание MnO для хромшпинелидов из кимберлитов Западной Якутии обычно не более 0,4-0,5 [8].

Области состава хромшпинелидов отражены на диаграмме Н.В. Соболева ($Cr_2O_3 - Al_2O_3$ и $Cr_2O_3 - TiO_2$) где не отмечается четко выраженной, типичной для алмазоносных кимберлитов (лампроитов) конфигурации точек – кимберлитового тренда (рис. 5). Для большинства зерен характерен перидотитовый тренд, однако одна точка все же попадает в поле составов хромшпинелидов алмазной ассоциации.

В результате проведенных минералогических исследований можно сделать ряд выводов. Пиропы имеют в основном мелкий размер и довольно сходную морфологию (различные проявления гипергенного растворения с наложенным механическим износом) и имеют явно переотложенный характер. Среди хромшпинелидов не наблюдается зерен с признаками глубинного морфогенеза.

Выделенные пиропы со слабой степенью механического износа информативны с поисковой точки зрения и представляют заметный интерес, так же как и находка хромшпинелида, который по своему химизму соответствуют хромшпинелидам алмазной ассоциации. Таким образом, данная территория перспективна для поисков алмазоносных магматитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинчук, Н.Н. Сравнительная характеристика типоморфных особенностей алмазов из терригенных отложений Воронежской антеклизы (Липецкая область) и Украинского шита (среднее Приднепровье) в связи с проблемой прогнозирования и поисков их коренных источников / Н.Н. Зинчук, А.Д. Савко, В.И. Коптиль и др. // Вестник ВГУ. Геология. – № 2. – 2004. – С. 99-110.
2. Савко, А.Д. Ассоциация минералов-индикаторов алмазоносности в осадочном чехле Воронежской антеклизы / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, В.В. Ильяш // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж, 2001. – С. 423-433.
3. Савко, А.Д. Прогноз коренной алмазоносности Воронежской антеклизы / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, В.В. Ильяш. – Мирный, 2003. – С. 170-185.
4. Савко, А.Д. Новые находки алмазов в породах нижнемелового (аптского) коллектора на северо-востоке Воронежской антеклизы / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, А.Ю. Егоров // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. – Воронеж, 2003. – С. 474-478.
5. Бобров, С.П. Оценка перспектив алмазоносности территории Курской области : отчет / С.П. Бобров и др. – Калуга, 2002. – Курский филиал ФГУГП «Геоинфотека». № 1048.
6. Черешинский, А.В. Перспективы алмазоносности северо-западной части Воронежской антеклизы (лист М-37-1 Курск) / А.В. Черешинский // Новые идеи в науках о земле : материалы докл. VII Междунар. конф. – Москва, 2005. – С. 192
7. Подвысоцкий, В.Т. Морфологические особенности индикаторных минералов / В.Т. Подвысоцкий, Н.Н. Зинчук, В.П. Афанасьев. – Мирный, 2000. – 72 с.
8. Харьков, А.Д. Коренные месторождения алмазов мира / А.Д. Харьков, Н.Н. Зинчук, А.И. Крючков. – Москва, 1998. – 555 с.