

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 549.7:553.8

*Е.Р. ВАСИЛЬЕВА, В.К. ГАРАНИН, М.А. ЕНАЛИЕВА, Г.П. КУДРЯВЦЕВА*

**СОСТАВ, ХИМИКО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ  
И ПАРАГЕНЕЗИСЫ ГРАНАТОВ КРАСНОВИШЕРСКОГО РАЙОНА  
(СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)**

Обобщены оригинальные и литературные данные по морфологии и химизму гранатов из концентратов обогащения алмазоносных россыпей Урала. На основе электронно-зондовых анализов создана представительная база данных по составу граната. Применение химико-генетической классификации позволило выявить среди рассматриваемой выборки большую часть гранатов, аналогичных по составу гранатам кимберлитового генезиса. Наблюдается очень высокий процент встречаемости гранатов высокоалмазоносных парагенезисов и гранатов алмазоносных парагенезисов. При сопоставлении с гранатами Золотицкого поля Архангельской алмазоносной провинции установлено сходство химико-генетических групп гранатов из этих регионов.

Более 60 лет ведутся поисковые и добычные работы на алмазы на Урале, и в течение всего этого времени дискутируется вопрос об их источнике. Наличие промышленных концентраций алмазов в россыпях Урала обуславливает необходимость поисков коренных источников. В связи с этим существенное значение приобретают исследования особенностей как самого алмаза, так и его минералов-спутников, встречающихся в аллювиальных четвертичных отложениях.

Известны многочисленные гипотезы о генезисе алмазов в этом регионе. Одна из точек зрения связывает формирование россыпей уральских алмазов с размывом предполагаемых алмазоносных кимберлитовых (или лампроитовых) трубок в северной части Русской платформы, аналогичных таковым в Якутии и Архангельской алмазоносной провинции (ААП). Это подтверждается преобладанием округлых кристаллов алмаза (додекаэдров) на Урале, в Архангельском регионе и в россыпях на севере Якутии, а также сходством химических составов включений (оливин, хромшпинелид, гранат, клинопироксен) в кристаллах алмаза из россыпей Урала [22, 23] и из кимберлитовых трубок Якутской алмазоносной провинции [20].

В последнее время выявлено подобие морфологии кристаллов алмаза из месторождений Урала и ААП [2, 3, 13]. Среди алмазов Урала наиболее распространены кривогранные кристаллы «уральского» типа в форме додекаэдров. Данные о морфологических особенностях алмазов Урала

(додекаэдроидов) свидетельствуют о сходстве с морфологией алмазов Северного Тимана и ААП.

Появилась новая гипотеза — гляциальное формирование алмазоносных россыпей Урала. Тесная пространственная связь между участками локализации алмазоносных россыпей (Тиман, Северный и Средний Урал) и положением ледниковых отложений позволяет предположить, что россыпи сформированы за счет коренных источников нескольких кратонных областей на севере Европы, которые эродировали [10].

В последние годы появились публикации об открытии в Красновшерском районе Урала коренных (магматических) источников алмазов. В этих работах рассмотрены два различных генетических типа первоисточников: лампроитовые (кимберлит-лампроитовые) трубки и принципиально новый — так называемые туффизиты, представляющие собой производные высокоэксплозивной магмы щелочного ультраосновного состава, приближающегося к лампроитам орендит-мадупитового ряда [14, 15, 19]. Другие исследователи называют эти алмазоносные породы ксенотуффизитовыми (вишериты) [16, 17].

По мнению И.Я. Богатых, В.И. Ваганова [5, 6], диагностика новых алмазоносных пород в качестве туффизитов сомнительна. Некоторые исследователи придерживаются точки зрения кимберлитовой, а не туффизитовой природы уральских алмазов [11] и считают, что кимберлитовое происхождение минералов-спутников алмаза и самих алмазов не вызывает сомнений, поэтому необхо-

димо вести поиски коренных источников алмазов с позиций классической геологии алмаза.

Для уточнения генезиса алмазов следует изучить особенности морфологии и состава индикаторных минералов, которые связаны с находками алмаза в Красновишерском районе.

### Объект и методика

Авторы изучили гранат — главный минерал-индикатор алмаза. Основа работы — материалы по составу граната из различных поисковых участков (Рассольная, Дресвянка, Волынка, Илья-Вож, Ишковский карьер, Большой Колчим, Чурочная). Часть данных получена авторами в период полевых работ в Красновишерском районе Пермской области в 1997—2000 гг., электронно-зондовые анализы гранатов из большой выборки любезно предоставлены сотрудником ВСЕГЕИ Л.И. Лукьяновой и геологами Пермской ГРЭ. В базу данных по составу гранатов входят также электронно-зондовые анализы, заимствованные из фондовых материалов и литературных источников [12, 14—16, 21].

Гранаты для исследований отбирались из шлихов, отмытых из проб объемом по 0,5 м<sup>3</sup>. Фракция -10+3 мм просматривалась на алмазы и промывалась на деревянных лотках до серого шлиха. Шлих сушился и разделялся в бромформе в полевых условиях. В концентратах некоторых проб были обнаружены до 5000 зерен гранатов на 200-литровую пробу [16], по [11], содержание пиропов доходит до 500 знаков на 10 л, а по [15], 200—250 знаков на 20-литровую пробу.

### Морфологические особенности гранатов

Морфологические особенности граната из россыпей Западного Урала впервые наиболее полно описаны в [12], авторы пришли к выводу о кимберлитовом происхождении гранатов из различных участков, длительном нахождении минералов-спутников алмаза в гипергенных условиях, неравномерном их перемыве и возможном перетолжении.

Морфология гранатов изучена на большой выборке гранатов из месторождения Рассольная (около 2000 зерен). На первом этапе выделены цветные группы гранатов, поскольку окраска граната — один из его важнейших типоморфных признаков: лиловые; красные; желто-оранжевые; розовые.

Лиловые гранаты (25% от общей выборки) представлены поврежденными зернами и их обломками, иногда встречаются целые округло-овальные зерна, а также осколки. Поверхность зерен характеризуется ямчато-бугорчатым, а также удлиненно-шестоватым рельефом.

Во вторую группу объединены зерна пурпурно- и темно-красного цветов (20%), как правило, расколотые окатанные зерна и их обломки, частично сохранившие первичную поверхность. Среди них в основном зерна неправильной формы, доля округло-овальных зерен невелика. Гранаты красного цвета нередко имеют скульптурирован-

ную черепитчатую поверхность. Генезис такого рельефа дискусионен, возможно, он — результат метасоматической регенерации. Существует точка зрения, что наряду с растворением гранатов пироп-альмандинового ряда происходит коррозионное растрескивание зерен, и на стенках трещин образуется черепитчатый рельеф [1]. У гранатов второй группы, как и у гранатов первой, наблюдается ямчато-бугорчатый рельеф с крупными кавернами.

Среди гранатов третьей группы (красно- и желто-оранжевые, 15%) преобладают обломки округло-овальных зерен и осколки. Часть гранатов имеет неправильную форму, а остальные представлены овальными сильно поврежденными зернами. На их поверхности установлены крупные сколы и впадины. Поверхностям таких зерен присущи следы растворения и бугорчатый рельеф.

Четвертая группа объединяет розовые гранаты (40%), представленные целыми зернами. По форме выделения они относятся к классу зерен с элементами огранки и обладают кубоидным обликом. Поверхность подобных зерен гладкая, без видимого микрорельефа.

Уточнение характера поверхности зерен проведено на растровых электронных микроскопах CamScan-4DV и JSM-820. В результате установлена типичная особенность гранатов — появление на поверхности большинства зерен следов механической обработки, наложенной на коррозионный рельеф, которая свидетельствует о транспортировке зерен гранатов. Вследствие этого зерна имеют часто округлые контуры, а поверхности скульптурных форм сглажены. На изношенных поверхностях зерен видны многочисленные мелкие и крупные выбоины, выемки, небольшие впадины, формирующие механогенный характер рельефа поверхности зерен граната.

Проведенные исследования обнаружили, что гранаты с участков Рассольная, Большой Колчим, Сухая Волынка и др. обладают рядом типоморфных признаков, присущих гранатам из кимберлитов: цвет, крупность зерен (в среднем 0,5—1,0 мм), округлость форм, отсутствие кристаллографической огранки. По мнению авторов, лиловые, пурпурно-красные, а также красно-оранжевые разновидности граната типичны для этого минерала из кимберлитовых и лампроитовых пород. Отличительная особенность подобных гранатов — проявление на поверхности зерен следов механической обработки, наложенной на коррозионный ямчато-бугорчатый рельеф, свойственный минералам-спутникам алмаза из кимберлитовых трубок, которая является индикатором транспортировки. Гранаты желто-оранжевого и розового цветов, вероятно, происходят из метаморфических пород. Следует отметить, что визуально по цвету сложно определить относятся ли такие гранаты к минералам из эклогитов либо других метаморфических пород. Визуальная диагностика генетической принадлежности таких гранатов дискусионна.



## Химический состав и минеральные парагенезисы гранатов

Созданный банк данных составов гранатов из россыпей Урала насчитывает 349 полных электронно-зондовых анализов из семи алмазоносных участков: 235 — участок Рассольная, 6 — Дресвянка, 65 — Волынка, 15 — Илья-Вож, 10 — Ишковский карьер, 12 — Большой Колчим, 6 — Чурочная.

Все электронно-зондовые анализы гранатов статистически обработаны методом дискриминантного анализа, что позволило разбить их на химико-генетические группы (ХГГ) в соответствии с классификацией [9]. В результате все гранаты разделены на 13 групп (табл. 1), для каждой из которых приведены вариации состава всех оксидов. К гранатам ультраосновного парагенезиса отнесены 50% (174 анализа), эцлогитового парагенезиса — 7% (23 анализа). Часть гранатов (43%, группа гранатов некимберлитового генезиса, 152 анализа) не идентифицирована в рамках химико-генетической классификации (ХГК). Последняя группа авторами не рассматривалась. Таким образом, банк данных состоит из 197 анализов гранатов, состав которых соответствует гранатам из кимберлитов.

Интересно сравнить распределение гранатов различных ХГГ из алмазоносных россыпей Красновишерского района с гранатами Золотицкого кимберлитового поля, в котором локализовано месторождение им. М.В. Ломоносова ААП. В породах ААП, как и на Урале, гранаты ультраосновного парагенезиса значительно преобладают над гранатами эцлогитового, высока доля зерен алмазного парагенезиса [4, 7, 8]. Сопоставление химизма гранатов из этих регионов обнаружило отличия в соотношении количеств зерен различных ХГГ. В алмазоносных россыпях Красновишерского района наиболее распространены низко- и среднехромистые гранаты из алмазоносных лерцолитов, а для Золотицкого поля характерно преобладание гранатов из алмазоносных лерцолитов с высокохромистым гранатом. В россыпях Урала больше доля низкохромистых титанистых гранатов из катаклазированных ильменитовых лерцолитов и гораздо меньше низкохромистых гранатов из лерцолитов и вебстеритов.

Такие отличия могут быть вызваны двумя причинами: различной сортировкой минералов, рядом источников, причем их несколько для минералов из россыпей Урала.

Фигуративные точки (с 1 по 10) групп гранатов нанесены на бинарную диаграмму  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ — $\text{CaO}$  (рис. 1). Сравнение соотношений  $\text{CaO}$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в гранатах ультраосновного парагенезиса Красновишерского района и в гранатах из четырех кимберлитовых трубок Золотицкого поля показало, что почти все фигуративные точки гранатов из трубки Архангельская локализованы в поле гранатов лерцолитового парагенезиса, а в поле алмазоносных дунитов и гарцбургитов — большей частью фигуративные точки гранатов из трубки им. Ломоносова.

Для сравнения составов рассматриваемых гранатов с составами гранатов из включений в алмазах

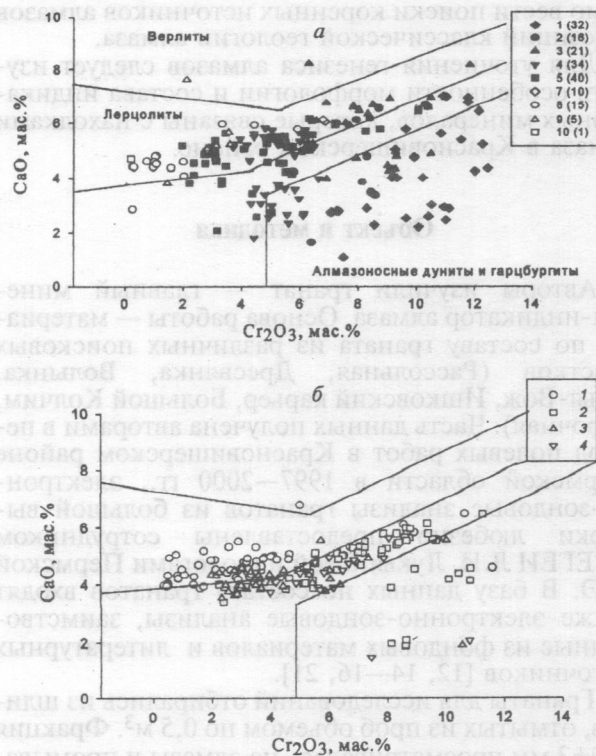


Рис. 1. Соотношение  $\text{CaO}$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в гранатах ультраосновного парагенезиса Красновишерского района (а) и в гранатах Золотицкого поля (б). Цифры у фигуративных точек соответствуют номерам ХГГ (а); 1 — трубка Архангельская, 2 — трубка им. Ломоносова, 3 — трубка Пионерская, 4 — трубка им. Карпинского (б). Поля нанесены по [19]

Урала с помощью ХГК обработаны электронно-зондовые анализы гранатов из включений в кристаллах алмаза по данным в [21, 22]. Выяснилось, что из 20 анализов гранатов из включений в алмазе только один относится к ультраосновному парагенезису высокоалмазоносных дунитов и гарцбургитов, а остальные соответствуют минералу эцлогитового парагенезиса (табл. 2). Гранат, отнесенный к ультраосновному парагенезису, отличается от гранатов из россыпей Урала очень высоким содержанием хрома (15,60 мас.%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при 2,13 мас.%  $\text{CaO}$ ) — выше содержания хрома в гранатах из россыпей Урала (максимальное 12,48 мас.%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при 4,37 мас.%  $\text{CaO}$ ). Гранаты эцлогитового парагенезиса из включений в алмазе, согласно ХГК, отнесены к группам высокоалмазоносных высокотитанистых магнезиально-железистых эцлогитов (группа 18), алмазоносных ильменит-рутиловых магнезиально-железистых эцлогитов (группа 19), алмазоносных магнезиально-железистых эцлогитов (группа 20). Гранаты из глиноземистых, высококальциевых дистеновых и рутиловых эцлогитов не встречаются.

Фигуративные точки гранатов из россыпей Урала всех ХГГ (с 1 по 24), а также гранатов из включений в кристаллах алмаза нанесены на треугольную диаграмму в координатах  $\text{Mg}$ — $\text{Ca}$ — $\text{Fe}^{2+}$  (рис. 2). Рассмотрим особенности состава гранатов выделенных групп.

Из гранатов ультраосновного парагенезиса к числу высокоалмазоносных отнесены 32 зерна (9% от общего количества изученных зерен). Это гранаты из дунитов и гарцбургитов (1-я ХГГ). По

Т а б л и ц а 1

## Вариации составов различных ХГТ гранатов из россыпей Урала

Номер ХГТ	Принадлежность гранатов к типу мантийных пород	N	Содержание оксидов, мас. %								
			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
1	Высокоалмазоносные дуниты и гарцбургиты	32	36,12–43,30 40,41	0,00–0,59 0,13	14,10–18,30 16,12	6,95–12,48 9,82	4,24–7,37 5,81	0,00–0,54 0,21	18,68–26,92 23,06	1,08–7,03 3,96	0,00–0,43 0,02
2	Алмазоносные перидотиты с высоко- и среднехромистым гранатом, гранат-клинопироксен-хромшпинелевые сростки	16	40,82–43,75 41,82	0,00–0,74 0,25	14,94–19,72 17,35	5,04–10,31 7,58	6,15–7,21 6,52	0,00–0,11 0,01	18,59–23,30 21,13	3,38–6,71 5,02	0,00–0,35 0,03
3	Алмазоносные равномернозернистые лерцолиты с высокохромистым гранатом	21	35,15–41,90 39,96	0,00–0,63 0,22	14,68–21,08 17,03	6,44–10,51 8,49	5,90–9,21 6,79	0,17–0,97 0,40	18,22–25,14 21,10	3,99–6,97 5,59	0,00–0,07 0,01
4	Алмазоносные равномернозернистые лерцолиты со среднехромистым гранатом	34	37,54–43,81 41,71	0,00–0,32 0,09	17,68–21,50 19,68	3,71–6,64 5,19	5,77–8,13 6,51	0,00–0,57 0,27	18,61–26,73 21,63	2,35–5,81 4,44	0,00–0,08 0,01
5	Алмазоносные равномернозернистые лерцолиты с низко-среднехромистым гранатом	40	41,12–43,42 42,16	0,00–0,86 0,28	18,10–22,61 20,06	1,96–6,42 4,25	5,51–9,14 6,62	0,00–0,48 0,26	19,10–24,10 21,10	2,08–6,10 4,75	0,00–0,34 0,02
7	Слабоалмазоносные равномернозернистые (иногда катаклазированные) лерцолиты с высокохромистым высокотитанистым высококальциевым гранатом	10	40,50–42,16 41,36	0,61–1,21 0,96	14,82–17,68 16,42	6,32–10,06 7,55	5,71–7,56 6,74	0,00–0,61 0,15	19,10–21,80 20,35	5,56–6,51 6,04	0,00–0,04 0,01
8	Слабоалмазоносные равномерно-зернистые (часто катаклазированные) ильменитовые лерцолиты с низкохромистым титанистым гранатом	15	40,37–42,55 41,78	0,53–1,08 0,78	17,35–22,52 20,92	0,25–5,92 1,91	7,73–12,66 9,39	0,00–0,52 0,24	18,75–20,81 19,97	4,09–5,97 4,82	0,00
9	Лерцолиты и вебстериты с низкохромистым гранатом	5	40,51–42,17 41,42	0,03–0,12 0,09	19,25–21,46 20,74	2,82–3,60 3,20	8,16–8,94 8,49	0,37–0,51 0,44	18,82–20,23 19,40	5,05–5,21 5,23	0,00
10	Ильменитовые верлиты и мономинеральные желваки граната	1	35,77	1,01	21,64	0,20	13,09	0,54	22,53	4,70	0,00
19	Алмазоносные ильменит-рутиловые магнезиально-железистые эклогиты	14	37,78–40,23 39,29	0,00–0,31 0,10	21,71–24,18 22,58	0,00–0,39 0,03	14,25–25,01 21,73	0,00–0,81 0,49	6,80–14,67 9,21	2,51–8,36 6,51	0,00–0,45 0,03
20	Алмазоносные магнезиально-железистые эклогиты	3	41,11–41,97 41,43	0,00–0,08 0,03	21,73–23,52 22,57	0,00–0,42 0,14	11,23–14,28 13,22	0,00–0,41 0,14	14,97–18,58 16,19	4,31–7,47 5,98	0,00
24	Алмазоносные магнезиальные ильменит-рутиловые эклогиты	6	37,68–42,45 39,76	0,00–0,91 0,39	19,88–24,29 22,17	0,11–1,35 0,77	7,01–10,57 8,69	0,02–0,43 0,27	19,35–25,88 22,93	3,21–4,47 4,02	0,00

Пр и м е ч а н и е. Над чертой — минимальное и максимальное содержание, под чертой — среднее; N — количество анализов.

Т а б л и ц а 2

## Вариации составов в ХГТ гранатов из включений в алмазе [20, 22], выделенных по дискриминантному анализу

Номер	Принадлежность гранатов к типу мантийных пород	N	Содержание оксидов, мас. %								
			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
1	Высокоалмазоносные дуниты и гарцбургиты	1	41,40	0,04	12,00	15,60	6,22	0,27	24,10	2,13	0,01
18	Высокоалмазоносные высокотитанистые магнезиально-железистые эклогиты	4	39,50–40,403 9,95	0,66–1,18 0,84	0,70–22,6 021,85	0,04–0,15 0,08	15,20–19,501 6,93	0,21–0,38 0,31	8,72–11,70 9,71	9,01–11,10 10,14	0,17–0,27 0,23
19	Алмазоносные ильменит-рутиловые магнезиально-железистые эклогиты	10	39,00–41,50 40,13	0,22–0,81 0,51	20,30–21,90 21,36	0,02–0,07 0,05	15,40–24,70 18,79	0,14–0,38 0,27	7,55–12,50 10,22	3,53–10,10 7,96	0,09–0,22 0,17
20	Алмазоносные магнезиально-железистые эклогиты	5	40,70–41,90 41,34	0,18–0,64 0,37	21,20–22,30 22,02	0,04–0,09 0,06	15,80–16,70 16,30	0,10–0,30 0,24	12,90–14,70 13,36	4,85–7,56 6,73	0,11–0,19 0,14

Пр и м е ч а н и е. Над чертой — минимальное и максимальное содержание, под чертой — среднее; N — количество анализов.



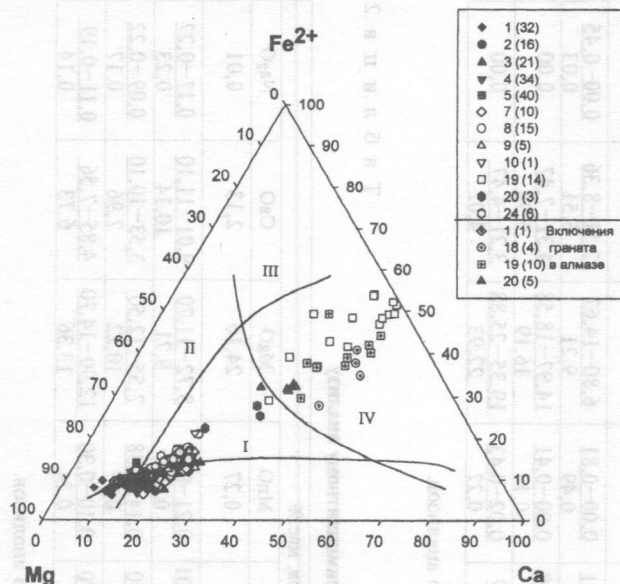


Рис. 2. Диаграмма составов гранатов различных ХГГ: I—IV — кривые изоморфных рядов гранатов из включений глубинных пород кимберлитовых трубок [18]: I — перидотитов, II — флогопит-ильменитовых перидотитов, вебстеритов, клинопироксенитов, эклогитов, III — рутиловых эклогитов, IV — кианитовых эклогитов. Цифры у фигуративных точек соответствуют номерам ХГГ

компонентному составу гранаты принадлежат к изоморфной серии твердых растворов альмандин-кноррингит-пироп.

К числу гранатов из алмазоносных парагенезисов (или потенциально алмазоносных) отнесено большое количество анализов этого минерала ультраосновного парагенезиса (111) — 32% от общей выборки: высоко- и среднехромистые гранаты из алмазоносных перидотитов (5%); высокохромистые гранаты из алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (6%); среднехромистые гранаты из алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (10%); низко- и среднехромистые гранаты из алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (11%).

Гранаты из алмазоносных перидотитов схожи с 1-й группой в ХГК: высокая хромистость до 10,31 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (в гранатах 1-й группы до 12,48 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), содержание кальция 3,38—6,71 мас.% CaO при среднем 5,02, а для гранатов 1-й группы 4,04 мас.% CaO, что, вероятно, связано с подобными условиями кристаллизации. Фигуративные точки гранатов первых десяти групп кучно легли на диаграмме Mg—Ca—Fe<sup>2+</sup> (рис. 2).

Вариации основных оксидов в составе гранатов 1-й и 2-й групп из рассматриваемого региона Урала отличаются от таковых гранатов из кимберлитовых трубок различных провинций мира несколько меньшим средним содержанием хрома (9,82 и 7,58 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по сравнению с 11,18 и 8,47 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и повышенным кальция (3,96 и 5,02 мас.% CaO по сравнению с 2,77 и 3,44 мас.% CaO соответственно) [4]. Этот факт, вероятно, свидетельствует о менее глубинных условиях образования данных пород в Уральском регионе. Важно отметить, что для гранатов с 3-й по 24-ю группы диапазоны вариаций оксидов уже по срав-

нению с таковыми из различных кимберлитовых провинций мира.

Сравнение вариаций составов гранатов из различных кимберлитовых трубок мира и Золотицкого кимберлитового поля показывает, что гранаты 7-й группы (слабоалмазоносные равномернозернистые лерцолиты) из россыпей Урала отличаются более низким содержанием хрома 7,55 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (соответственно 9,34 и 9,71 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), гранаты 8-й группы (слабоалмазоносные равномернозернистые ильменитовые лерцолиты) содержат еще меньше хрома (1,91 мас.%), чем гранаты Золотицкого поля (4,11 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Гранаты эклогитового парагенезиса в россыпях Урала встречаются реже (7%), чем ультраосновного, и близки по составу гранатам алмазоносных ильменит-рутиловых магнезиально-железистых эклогитов 19-й группы (4%), алмазоносных магнезиально-железистых эклогитов 20-й группы (1%) и алмазоносных магнезиальных ильменит-рутиловых эклогитов 24-й группы (2%). Такая же картина наблюдается и в ААП, где гранаты ультраосновного парагенезиса значительно преобладают над гранатами эклогитового. Этот факт противоречит ранее полученным данным по включениям в алмазе из россыпей Урала. Согласно [21], подавляющая часть включений граната в алмазе (47 из 50 зерен) соответствует минералам эклогитового парагенезиса.

В 19-й группе вариации основных оксидов в гранатах из россыпей Урала весьма сходны с гранатами Золотицкого поля ААП. Гранаты 20-й группы из россыпей Урала характеризуются повышенными содержаниями железа (13,22 мас.% FeO) и меньшими количествами магния (16,19 мас.% MgO) по сравнению с гранатами Золотицкого поля (9,55 мас.% FeO, 18,04 мас.% MgO). Вариации составов по кальцию в гранатах из россыпей Урала шире, чем в гранатах Золотицкого поля. Фигуративные точки составов гранатов 19-й и 20-й групп на диаграмме Mg—Ca—Fe<sup>2+</sup> близки к полю составов гранатов из включений в алмазе Урала (рис. 2).

Наибольшим распространением в россыпях Урала пользуются низко- и среднехромистые гранаты алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (40 анализов, 11%), несколько меньшим — среднехромистые гранаты алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (34 анализа, 10%), гранаты высокоалмазоносных дунитов и гарцбургитов (32 анализа, 9%), высокохромистые гранаты алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (21 анализ, 6%), высоко- и среднехромистые гранаты алмазоносных перидотитов (16 анализов, 5%), низкохромистые титанистые гранаты слабоалмазоносных равномернозернистых (часто каткированных) ильменитовых лерцоитов (15 анализов, 4%), гранаты алмазоносных ильменит-рутиловых магнезиально-железистых эклогитов (14 анализов, 4%). Достаточно редкими являются высокохромистые высокотитанистые высококальциевые гранаты слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов (10 анализов, 3%), гранаты из алмазоносных магнезиальных ильменит-рутиловых эклогитов (6 анализов, 2%), низкохромистые гранаты из лерцолитов и вебстери-

тов (5 анализов, 1%), алмазосных магнезиально-железистых эклогитов (3 анализа, 1%), гранат из ильменитовых верлитов и мономинеральных желваков граната (1 анализ, 0,3%). Не встречены гранаты из глиноземистых, высококальциевых, дисперсных и рутиловых эклогитов, что, вероятно, свидетельствует о слабом проявлении процессов субдукции в этом районе, с которыми связывается происхождение этих глубинных пород.

### Заключение

База данных по составу гранатов западного склона Урала может быть применена для поиска

алмазных месторождений на основе выделенных ХГГ. Возможность изучения минералов различных парагенезисов на каждом из алмазосных участков в этом районе позволяет на следующем этапе сравнить их между собой. Это, очевидно, поможет выявить в целом картину алмазосности района. Наличие базы данных по составу гранатов из россыпей Урала позволяет сравнивать их с гранатами из других алмазосных районов близлежащих территорий.

Исследования проводились в рамках проекта №310 ФЦП «Интеграция»: «Лампроит-кимберлитовый магматизм и перспективы алмазосности востока Восточно-Европейской платформы» (1998—2001 гг.)

### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П. Генезис пирамидально-черепитчатого рельефа растворения на гранатах пироп-альмандинового ряда // Зап. ВМО. 1985. Ч.114. В.1. С. 73—80.
2. Бовкун А.В., Гаранин В.К., Малиборский П.Г., Посухова Т.В. Особенности кристаллов алмаза Беломорья, Тимана, Северной Якутии и их генезис // Минерал. журн. 1996. Т. 18. № 4. С. 44—55.
3. Бовкун А.В., Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Посухова Т.В., Тихова М.А. Алмазы из россыпных месторождений Урала и Тимана // Алмазы и алмазосность Тимано-Уральского региона. Мат. всерос. сов. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 158—159.
4. Богатиков О.А., Гаранин В.К., Кононова В.А., Кудрявцева Г.П., Васильева Е.Р., Вержак В.В., Веричев Е.М., Парсаданян К.С., Посухова Т.В. Архангельская алмазосная провинция. М.: Изд-во МГУ, 1999. 524 с.
5. Богатых И.Я., Ваганов В.И., Голубев Ю.К., Илупин И.П. К вопросу об открытии магматических источников алмазов на Урале // Отечественная геол. 2000. № 1. С. 66—69.
6. Ваганов В.И., Голубев Ю.К., Щербакова Т.Е. Проблема «новых генетических типов» коренных источников алмазов на Урале и Среднем Тимане // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. Воронеж, 2001. С. 573—575.
7. Васильева Е.Р., Гаранин В.К., Посухова Т.В. Опыт комплексного методического подхода при изучении гранатов Архангельской кимберлитовой провинции // Моделирование геологических систем и процессов. Пермь, 1996. С. 123—125.
8. Васильева Е.Р., Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. Комплексное изучение гранатов: опыт применения при оценке алмазосности кимберлитов // Мат. всерос. конф. «Золото, платина и алмазы». Сыктывкар, 1998.
9. Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Марфуни А.С., Михайличенко О.А. Включения в алмазе и алмазосные породы. М.: Изд-во МГУ, 1991. 240 с.
10. Гаранин В.К., Гонзага Г.М., Кампрос Дж. Е.Г., Кудрявцева Г.П. Новая гипотеза гляциального формирования алмазосных россыпей Урала // Вестн. МГУ. Серия № 4. Геология. 2000. № 5. С. 51—54.
11. Езерский В.А., Молчанова Е.В. О поисках коренных источников алмазов на Северном Урале // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. Воронеж, 2001. С. 494—499.
12. Кудрявцева Г.П., Посухова Т.В., Пьянкова С.П., Тетерина Е.В. Морфология, состав и опико-спектроскопические характеристики гранатов из вторичных коллекторов Западного Урала // Минералог. журн. 1993. Т. 15. № 1. С. 20—31.
13. Кудрявцева Г.П., Тихова М.А., Гонзага Г.М. Сравнительная характеристика морфологических особенностей алмазов севера и северо-востока европейской части России (Урал, Тиман и Архангельская кимберлитовая провинция) // Вестн. МГУ. Серия № 4. Геология. 2001. № 6. С. 28—32.
14. Лукьянова Л.И., Лобкова Л.П., Маричев А.М., Казак А.П., Жуков В.В. Коренные источники алмазов на Урале // Регион. геол. и металлогения. 1997. № 7. С. 88—97.
15. Лукьянова Л.И., Жуков В.В., Кириллов В.А., Кузнецов Г.П., Кузнецов Н.С., Ланда Э.А., Лобкова Л.П., Морозов А.Ф., Морозов Г.Г., Остроумов В.Р., Рыбальченко А.Я., Тетерин И.П., Шаденков Е.М. Субвулканические эксплозивные породы Урала — возможные коренные источники алмазных россыпей // Регион. геол. и металлогения, 2000. № 12. С. 134—157.
16. Макеев А.Б., Осовецкий Б.М., Черепанов Е.Н., Наумов В.А. Минералы-спутники алмаза месторождений Рассольнинское и Волынка (Пермская область, Россия) // Геология рудных месторожд. 1999. Т. 41. № 6. С. 527—545.
17. Мальков Б.А. Алмазосные «вишериты» Урала и их гомологии: информация к размышлению // Вестник ин-та геологии Коми АССР. 1998. № 4. С. 5—7.
18. Маракушев А.А., Таскаев В.И. Вариации состава гранатовых перидотитов и эклогитов и их генетическое значение // Изв. вузов. Геология и разведка. 1986. № 5. С. 29—40.
19. Рыбальченко А.Я., Колобянин В.Я., Лукьянова Л.И. О новом типе коренных источников алмазов на Урале // Докл. РАН. 1997. Т. 353. № 1. С. 90—93.
20. Соболев Н.В. Включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск: Наука. 1974. 263 с.
21. Соболев Н.В., Гневнушев М.А., Михайловская Л.Н. Состав включений гранатов и пироксенов в уральских алмазах // Докл. АН СССР. 1971. Т. 198. № 1. С. 190—193.
22. Шеманина Е.И., Богомольная Л.С. Включения в уральских алмазах и вероятный тип их первоисточников // Тр. ЦНИГРИ. 1980. № 153. С. 89—95.
23. Шеманина Е.И. Первоисточники россыпных алмазов Урала. // Алмазосность Европейского севера России. Тр. XI геологической конф. Коми АССР. Сыктывкар, 1993. С. 113—118.
24. Vasilyeva E.R., Garanin V.K., Kudryavtseva G.P. The fundamental study of garnets: application for prospecting and economical estimation of diamond bearing kimberlites // Extended Abstracts of 7<sup>th</sup> Intern. Kimberlite Conference. Cape Town. 1998. P. 236—238.

Московский государственный университет  
Рецензент — В.С. Ежов