

По показателю валовой ценности общего МСП, определяющему стратегическую направленность геологического освоения недр, наиболее привлекательным является Волья-Ляпинский район (176392,07 млн дол.), на втором месте Саранпаульский (34203,84 млн дол.), на третьем и четвертом местах Усть-Майинский (11021,32 млн дол.) и Северо-Хулгинский (1868,92 млн дол.) районы, соответственно. Наибольшая ценность в общей ценности ресурсов Уральской части ХМАО приходится на ресурсы железных руд (117429,47 млн дол.; 53 %), бурых углей (92436,9 млн дол.; 42 %) и бокситов (6433,17 млн дол.; 3 %). Очевидно, что отработка этих ресурсов требует серьезных инвестиций и значительных затрат времени на подготовку к эксплуатации.

Реализация предлагаемого подхода к оценке МСП позволяет установить приоритеты различной степени детальности в изучении и развитии территории и осуществить переход от показателей характеризующих потенциальную ценность территории в целом, к оценке эффективности реализации конкретных объектов или программ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верховцев В.А., Душин В.А. О перспективах обнаружения комплексных урановых месторождений "типа несогласия" на севере Урала // Изв. УГГА. Вып. 10. Серия: Геология и геофизика. Екатеринбург, 2000 С. 100-108.
2. Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 215с.
3. Игнатьева М.Н., Плугин Д.В. Стоимостная оценка недр территории // Тезисы докладов научных чтений "Инновации, инвестиции, инфляция", Екатеринбург: УрГЭУ, 2001. С.14-15.
4. Лучинин И.Л. Перспективы ураноносности Уральского региона // Отечественная геология. 1995. № 9. С. 39-41.
5. Марганцевые месторождение Урала / Е.С. Контарь, К.П. Савельева, А.В. Сурганов и др. Екатеринбург, 1999. 120 с.
6. Рудный потенциал ХМАО: Стратегия и тактика геологоразведочного и горнорудного производства / Под ред. К.К. Золоева, М.С. Рапопорта, А.В. Сурганова, В.Н. Хрылова. Екатеринбург-Ханты-Мансийск, 2001. 176 с.

УДК 549.08 + 552.11 (470.5)

И.А. Малахов, И.И. Казаков

## ГРАНАТЫ И КЛИНОПИРОКСЕНЫ В ПОРОДАХ БАШКИРСКОГО ПОДНЯТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ СОСТАВА ДЛЯ ПОИСКОВ КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ АЛМАЗОВ

Гранаты и моноклинные пироксены принадлежат к числу весьма информативных барофильных минералов, позволяющих также судить и об их генетической принадлежности. Именно поэтому их чаще всего используют при поисках коренных источников алмазов. При этом следует иметь в виду, что крупные алмазы, включая и ювелирные его разновидности, встречаются исключительно в породах кимберлит-лампроитовой ассоциации, генетически принадлежащих к продуктам щелочно-ультраосновного магматизма, которые могут обладать различным возрастом – от протерозойского до мезозойского.

Следует также отметить, что помимо магнезиальных хромистых гранатов, часто непосредственно связанных с алмазонасными кимберлитами и лампроитами, в этих породах широко распространены и магнезиально-железистые гранаты, свойственные мантийным и коровым эклогитам. Если учесть, что подавляющее большинство специалистов по изучению алмазов и минералов-спутников не без оснований считают, что именно мантийные включения, представленные гранатовыми перидотитами и эклогитами, как раз и содержат алмазы, а кимберлиты и лампроиты выступают лишь в качестве их транспортеров из мантии в верхнюю часть земной коры [1], то становится вполне понятным, почему уделяется в последние годы столь серьезное внимание изучению состава магнезиально-железистых практически бесхромистых гранатов, генетически связанных с эклогитами мантийного и корового происхождения, надежно различающихся по преобладанию в первых нормативного пирропа над альмандином, а среди вторых, напротив –

преобладанием алмандина над пиропом. В последнем случае в эклогитах могут встречаться лишь мелкие алмазы размером 0,03-0,07 мм. В значительных количествах они были выявлены при изучении гранатосодержащих пироксенитов и эклогитов Кудымкольского месторождения в Кокчетавском подняттии в Казахстане [5], а также среди эклогитов на Южном Урале.

В свете приведенных сведений по гранатам различного состава и происхождения рассмотрим имеющиеся у нас обширные данные по их составу, касающиеся как магнезиальных, так и магнезиально-железистых их разновидностей. Нужно отметить, что магнезиальные хромистые гранаты были выявлены и изучены в основном среди современных аллювиальных россыпей Макарово-Нугушской структуры на западном борту Башкирского подняттия, а также среди сланцев доордовикской коры выветривания на Шатак-Узянском участке на восточном его борту (табл. 1). Сопоставление проанализированных с этих площадей зерен гранатов, нанесенных на диаграмму, предложенную Н.Н. Сарсадской [3], приводится на рис. 1.

Таблица 1

Представительные анализы высокопироповых хромистых гранатов Башкирского подняттия из аллювиальных россыпей (1-6) и палеозойских терригенных пород (7-9)

	Макарово-Нугушский район						Шатак-Узянский район		
SiO <sub>2</sub>	38,17	38,52	42,28	42,81	42,28	42,68	42,22	41,45	40,77
TiO <sub>2</sub>	0,04	-	0,04	0,02	0,54	0,54	0,05	0,36	0,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,71	19,45	20,38	18,48	19,38	19,47	19,51	21,20	10,61
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,67	8,07	4,51	5,28	4,91	4,21	5,92	4,60	4,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,26	-	0,49	2,41	0,96	2,06	0,50	-	1,48
FeO	5,59	6,06	5,52	4,21	5,82	4,83	5,45	6,45	5,50
MnO	0,45	0,34	0,31	0,41	0,37	0,35	0,57	0,37	0,40
MgO	23,39	22,00	21,21	20,64	20,26	22,00	22,45	20,57	22,44
CaO	2,85	4,61	4,73	5,30	5,13	4,75	3,38	4,18	4,44
Na <sub>2</sub> O	-	0,02	-	-	0,07	0,06	-	-	-
Сумма	99,13	99,08	99,47	99,59	99,72	100,95	100,05	99,17	100,67
Пересчет на кристаллохимическую формулу на 12 (O)									
Si	2,788	2,816	3,021	3,081	3,036	3,023	3,006	2,973	2,906
Ti	0,002	0,000	0,002	0,001	0,029	0,029	0,003	0,019	0,021
Al	1,698	1,677	1,717	1,568	1,640	1,625	1,637	1,793	1,732
Cr	0,443	0,467	0,255	0,300	0,279	0,236	0,333	0,261	0,261
Fe <sup>3+</sup>	0,069	0,041	0,027	0,131	0,052	0,110	0,027	-	0,079
Fe <sup>2+</sup>	0,341	0,330	0,330	0,254	0,349	0,286	0,325	0,387	0,328
Mn	0,028	0,021	0,019	0,025	0,023	0,021	0,034	0,022	0,024
Mg	2,547	2,398	2,259	2,215	2,169	2,323	2,383	2,199	2,385
Ca	0,223	0,361	0,362	0,409	0,395	0,360	0,258	0,321	0,339
Na	-	0,03	-	-	0,010	0,008	-	-	-
Пересчет на главные минеральные составляющие, %									
Тр-андрадит	0,21	0,00	0,22	0,11	2,98	2,89	0,27	1,99	2,09
Андрадит	3,31	1,97	1,34	6,75	2,65	5,52	1,33	-	3,87
Уваровит	3,59	9,65	10,64	7,23	7,81	3,65	6,99	8,98	5,06
Пироп	63,55	64,25	73,84	68,01	67,45	69,50	69,76	70,68	69,87
Алмадин	10,87	10,60	11,10	8,74	11,90	9,57	10,82	13,21	10,66
Спессартин	0,89	0,68	0,63	0,86	0,77	0,70	1,15	0,77	0,79
Кноррингит	17,58	12,86	2,23	8,31	6,43	8,17	9,67	4,38	7,66
Основные расчетные параметры, % и цвет									
Железистость, f	11,82	12,09	12,73	10,27	13,87	10,97	11,99	14,96	12,09
Ca-компонент	7,11	11,61	12,19	14,09	13,45	12,05	8,60	10,96	11,03
Mg-компонент	81,14	77,11	76,07	76,32	73,89	77,67	79,43	75,06	77,53
Цвет граната	Розовато-лиловый		Лиловый		Розовато-сиреневый		Лиловый	Сиреневый	

Как свидетельствуют проведенные нами исследования, еще более информативной для магнезиальных хромистых гранатов является диаграмма CaO - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Н.В. Соболева [7], дополненная расчетными значениями нормативного в них кноррингита и нанесенными данными наших высокопироповых гранатов, содержащих свыше 19 % MgO в своем составе. Как следует из представленных данных, высокопироповые магнезиальные гранаты чаще всего располагаются среди поля составов, характерных для поля составов гранатов мало продуктивного лерцолитового парагенезиса, но могут принадлежать и к алмазонасному дунит-гарцбургитовому (рис. 2).

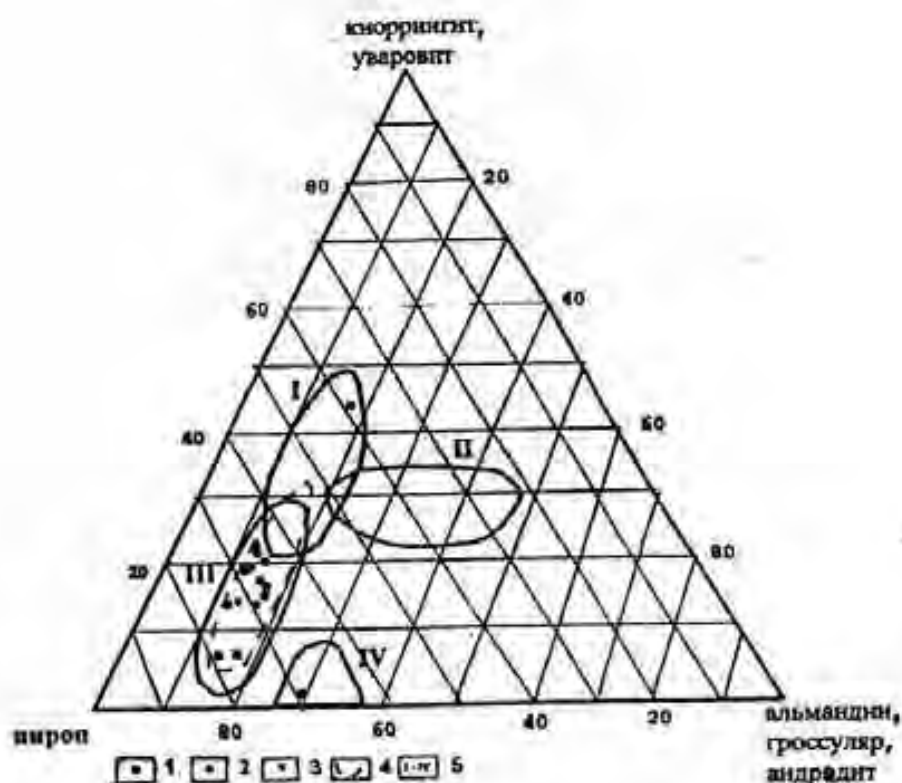


Рис. 1. Состав магнезиальных хромистых гранатов из аллювиальных отложений и терригенных пород Башкирского поднятия:

1 — из аллювиальных рыхлых отложений зоны Макарово-Нугушской мантийно-диапировой структуры (западный борт Башкирского поднятия); 2 — из сланцев (метатравертитов) подордовинской коры выветривания Узьенского участка (восточный борт Башкирского поднятия); 3 — включения в уральских алмазах (Шеманина и др., 1980) [6]; 4 — область составов гранатов из терригенных пород Рассольнинской площади Красноярского алмазоносного района [6]; 5 — область составов гранатов по Н.Н. Сарсадзе: I и III — гранаты из высокоалмазных кимберлитов; II — из умеренно алмазных кимберлитов; IV — из эклогитовых включений в алмазных кимберлитах [6].

К сожалению, общее число проанализированных высокопироповых хромистых гранатов пока не столь значительно и пока не превышает 15 зерен, причем подавляющая их часть принадлежит к аллювиальным россыпям в пределах выявленной Макарово-Нугушской мантийно-диапировой структуры, располагающейся в западном борту Башкирского поднятия. Однако несколько таких магнезиальных гранатов было отобрано, как уже упоминалось, из сланцев (метатравертитов) подордовинской коры выветривания на Шатак-Узьянском участке, находящемся на восточном борту Башкирского поднятия.

Отметим, что среди гранатов, встречающихся среди терригенных пород в обрамлении Башкирского поднятия, явно преобладают пироп-алмадиновые бесхромистые их разновидности, значительная часть имеющихся в нашем распоряжении микрозондовых составов которых представлена в табл. 2.

Если принять во внимание, что андрадитовый и гроссуляровый минералы гранатов характерны для гранатов уграндитового ряда, что свидетельствует об их принадлежности к метаморфической группе гранатов, то мы имеем лишь один проанализированный гранат из конгломератов Бурзянского участка, содержащих 45 % нормативного пирона, который есть серьезные основания генетически связывать с мантийными эклогитами.

В целом же из имеющихся в нашем распоряжении более 60 микрозондовых анализов магнезиально-железистых гранатов подавляющая их часть была отобрана на различных участках из тяжелых фракций шлихов россыпей.



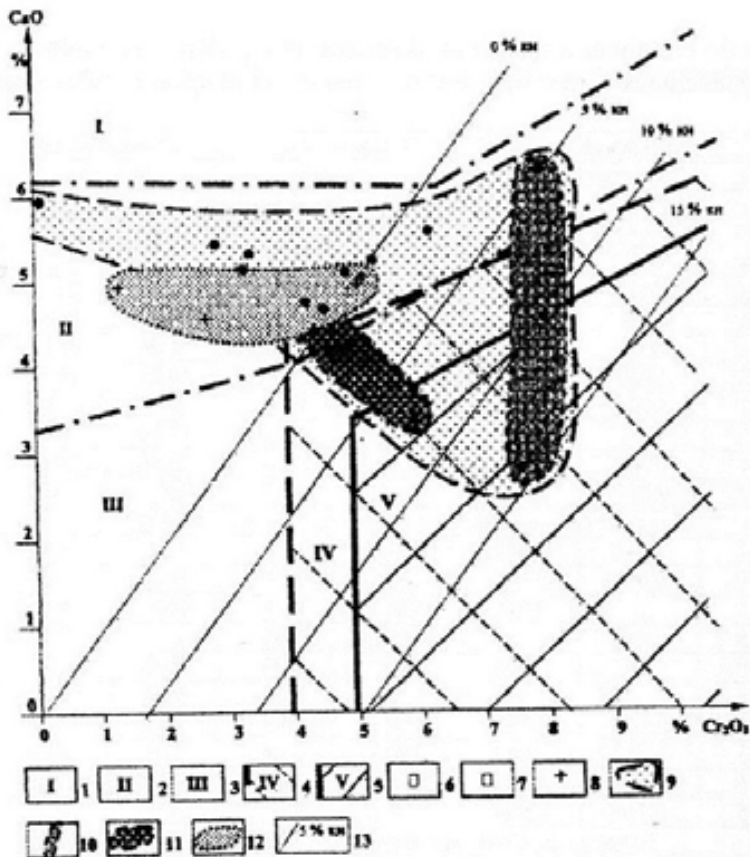


Рис. 2. Положение составов магнезиальных хромистых гранатов на диаграмме CaO—Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Н.В. Соболева:

1 – верлитовый парагенезис; 2 – лерцолитовый парагенезис; 3 – дунит-гарибургитовый парагенезис; 4 – парагенезис алмазоносных кимберлитов Дж. Гернея; 5 – поле пиропов алмазоносной ассоциации Н.В. Соболева [7]; пиропы Башкирского поднятия: 6 – Узьинский участок; 7 – Алатауская зона; 8 – Каратауская зона. Симской участок; 9 – поле хромистых пиропов Алатауской зоны; 10 – поле кноррингитсодержащих пиропов Макаровского участка; 11 – поле хромистых пиропов Узьинского участка; 12 – поле хромистых пиропов Каратауской зоны; 13 – линии содержаний кноррингитовой составляющей в хромистых гранатах

Обращает на себя внимание, что значительная часть проанализированных зерен пироп-альмандиновых гранатов, включая приведенные в табл. 3, по содержанию нормативного пироба свидетельствует о принадлежности таких гранатов к группе мантийных эклогитов и частично соответствует области составов гранатов из алмазоносных их парагенезисов (рис. 3). Обращает на себя внимание, что во всех проанализированных гранатах количество нормативного гроссуляра не превышает 30 %.

Моноклинные пироксены, широко распространенные в ультраосновных и основных породах, принадлежат к числу минералов, несущих надежную информацию о РТ условиях становления и последующего метаморфизма вмещающих их пород. Поскольку они часто обладают переменным и обычно сложным составом, их удобно использовать для интерпретации Р-Т условий формирования различных ультраосновных и основных пород.

Четко проявляющийся среди них гетеровалентный изоморфизм позволяет надежно судить о генетической их природе. При этом повышенная величина щелочности характеризует барофильные условия формирования клинопироксенов из эклогитов, а высокая доля в них хрома характерна для пироксенов из включений гранатовых перидотитов.

Важное значение при оценке роли давления имеет и вопрос о распределении алюминия в кристаллической решетке пироксенов в октаэдрической (Al<sup>VI</sup>) и тетраэдрической (Al<sup>IV</sup>) координациях. Как отмечали Н.Л. Добрецов и др. [3], в минеральных парагенезисах высоких давлений пироксены содержат минимальное количество Al<sup>IV</sup>, изоморфирующего с кремнием. В этом случае количество Al<sup>VI</sup>, находящегося в октаэдрической координации, будет максимально высоким и, соответственно, соотношение Al<sup>VI</sup>/Al<sup>IV</sup> будет характеризоваться повышенной абсолютной величиной.

Состав пироп-альмадиновых гранатов из верхнепротерозойских и нижнепалеозойских терригенных и метаморфических пород Башкирского поднятия

Участок	Бурзянский			Шатак-Узянск		Южный Крак		Маярадовский	
	конгл.	гравелит		сланцы		эколит		эколит	
Возраст	O <sub>2-3</sub>	D <sub>1-2</sub> tk		R, bul		PZ		R <sub>1-2</sub>	
SiO <sub>2</sub>	38,59	39,50	39,20	37,12	41,03	41,41	41,01	37,60	37,67
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,10	22,17	24,07	20,34	21,84	22,87	22,50	22,33	20,75
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,14	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,55	0,00	0,00	3,59	2,79	0,59	0,53	0,171	1,65
FeO	13,27	26,30	27,50	14,10	16,81	16,28	16,45	23,90	23,90
MnO	0,47	0,65	0,74	0,58	0,64	0,52	0,58	0,62	0,61
MgO	11,73	8,73	7,94	9,12	10,28	11,10	10,86	7,44	7,56
CaO	9,04	1,44	0,79	10,55	10,44	10,16	9,94	7,35	6,64
Сумма	96,75	98,94	100,40	94,41	103,55	102,93	101,87	100,10	98,96
Кристаллохимическая формула в пересчете на 12 (O)									
Si	2,97	3,048	2,987	2,96	2,99	3,00	3,01	2,912	2,966
Ti	0,00	0,003	0,002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007	0,007
Al <sup>IV</sup>	0,03	-	0,013	0,04	0,01	0,00	0,00	0,088	0,034
Al <sup>VI</sup>	1,88	2,016	2,150	1,88	1,86	1,95	1,95	1,952	0,946
Cr	0,00	0,012	0,008	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Fe <sup>3+</sup>	0,15	-	-	0,16	0,15	0,03	0,03	0,041	0,098
Fe <sup>2+</sup>	0,85	1,694	1,754	0,94	1,02	0,99	1,01	1,551	1,574
Mn	0,03	0,042	0,048	0,04	0,04	0,03	0,04	0,041	0,041
Mg	1,35	1,004	0,902	1,06	1,12	1,20	1,19	0,859	0,887
Ca	0,75	0,119	0,064	0,90	0,81	0,79	0,78	0,610	0,560
Пересчет на главные минеральные составляющие, %									
Ti-андрацит	-	0,37	0,25	-	-	-	-	0,69	0,64
Андрацит	7,28	-	-	7,66	7,61	1,61	1,49	2,02	4,79
Уваровит	-	0,45	0,29	-	-	-	-	0,00	0,18
Гроссуляр	17,77	3,35	1,76	22,74	19,60	24,63	24,43	17,23	12,68
Пироп	45,23	35,11	32,60	36,56	37,28	39,88	39,40	28,08	28,98
Альмандин	28,69	59,24	63,57	31,73	34,19	32,82	33,48	50,65	51,40
Спессартин	1,03	1,49	1,33	1,32	1,32	1,06	1,20	1,33	1,33
Основные расчетные параметры, %									
Железистость, f	39,3	62,8	66,0	46,4	47,0	45,1	45,9	64,3	63,8
Ca-компонент	23,3	4,2	2,4	30,8	27,6	26,5	26,2	20,2	18,3
Mg-компонент	45,7	35,6	32,8	37,1	37,8	40,3	39,9	28,5	29,4

С другой стороны, поскольку барофильные минеральные парагенезисы всегда представлены (помимо пироксена) гранатом пироп-альмадинового ряда, существует еще выявленная И. Мак-Грегором [9] четкая закономерность уменьшения количественного содержания алюминия и клинопироксенах по мере увеличения давления при их кристаллизации, с переходом его в состав образующейся гранатовой минеральной фазы.

Пересчет клинопироксенов на кристаллохимическую формулу несомненно является необходимым и важным этапом при интерпретации их исходного химического состава. Ценную информацию относительно условий образования клинопироксенов мы также получаем при пересчете их химического (обычно получаемого с помощью микрозонда) состава на минеральные составляющие или миалы по методике, предложенной в свое время Н.Л. Добрецовым [3] и детально рассмотренной в нашем недавно опубликованном учебном пособии [6]. При этом сложным и принципиально важным вопросом является определение количества трехвалентного железа в моноклинном пироксене и его соотношение с двухвалентным. Следует при этом иметь в виду, что наличие Fe<sup>3+</sup> предполагает присутствие, в первую очередь, в моноклинных пироксенах миалов, образующихся в условиях низкого давления и повышенного парциального давления кислорода. В барофильных пироксенах количество расчетных фассантовых миалов, содержащих трехвалентное железо, обычно незначительно, а чаще они вообще отсутствуют.

Состав гранатов из россыпей наиболее перспективных алмазоносных районов  
в обрамлении Башкирского поднятия

Таблица 3

Район	Макарово-Нугушский				Маярдакский			Бурзянский	
	SiO <sub>2</sub>	39,93	39,20	38,76	41,50	38,40	38,50	39,10	41,52
TiO <sub>2</sub>	0,05	-	0,07	0,07	0,07	-	-	0,03	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,90	21,58	23,81	20,89	21,78	24,20	21,86	21,90	21,60
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,06	0,03	0,20	0,16	0,21	0,23	0,09	0,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,82	3,02	1,60	3,05	3,97	1,08	1,31	1,93	2,01
FeO	12,20	18,20	19,10	19,40	11,30	11,80	20,40	10,08	11,54
MnO	0,59	0,46	0,22	0,51	0,58	0,59	0,32	0,37	0,37
MgO	15,40	16,84	16,47	14,54	14,46	14,83	13,94	13,26	13,21
CaO	7,04	0,87	1,70	1,75	10,40	9,10	2,06	11,15	8,35
Na <sub>2</sub> O	-	0,14	-	-	0,06	0,08	0,09	0,34	0,80
K <sub>2</sub> O	-	0,04	-	-	-	0,04	0,04	-	-
Сумма	98,77	100,08	101,24	101,59	101,20	100,50	99,34	100,67	99,59
Кристаллохимическая формула в пересчете на 12 (O)									
Si	2,971	2,927	2,846	3,059	2,854	2,831	2,962	3,040	3,070
Ti	0,003	0,00	0,004	0,004	0,004	-	-	0,001	0,001
Al <sup>IV</sup>	0,029	0,073	0,154	0,000	0,146	0,169	0,038	0,000	0,000
Al <sup>VI</sup>	1,892	1,827	1,906	1,815	1,765	1,928	1,912	1,890	1,880
Cr	0,000	0,00	0,000	0,010	0,010	0,012	0,013	0,010	0,010
Fe <sup>3+</sup>	0,102	0,17	0,088	0,169	0,221	0,060	0,075	0,110	0,110
Fe <sup>2+</sup>	0,757	1,136	1,170	1,196	0,704	0,728	1,288	0,620	0,710
Mn	0,037	0,029	0,014	0,032	0,037	0,037	0,021	0,020	0,020
Mg	1,708	1,875	0,802	1,598	1,604	1,625	1,572	1,450	1,460
Ca	0,561	0,07	0,134	0,138	0,832	0,717	0,167	0,870	0,660
Na	-	0,02	-	-	0,009	0,011	0,013	0,050	0,120
K	-	0,004	-	-	-	0,004	0,004	-	-
Пересчет на главные минеральные составляющие, %									
Ti-андрадит	0,27	-	0,37	0,38	0,37	-	-	0,17	0,18
Андрадит	5,00	2,11	3,90	4,10	10,50	2,89	3,67	5,38	5,89
Уваровит	0,14	-	-	-	0,44	0,59	0,68	0,26	0,28
Гроссуляр	12,90	-	-	-	14,92	19,60	1,13	23,71	16,84
Пироп	55,75	56,75	57,51	51,13	50,50	52,32	51,59	48,87	51,01
Альмандин	24,71	34,48	37,37	38,69	22,17	23,43	42,25	20,84	25,00
Спессартин	1,21	0,88	0,44	1,03	1,15	1,18	0,67	0,77	0,81
Кноррингит	-	0,16	0,08	0,57	-	-	-	-	-
Скиагит	-	5,61	0,34	4,12	-	-	-	-	-
Основные расчетные параметры, %									
Железистость, f	30,8	37,7	39,4	42,8	30,5	30,8	45,1	30,0	40,5
Ca-компонент	18,5	2,3	4,3	4,7	26,4	23,4	5,5	29,8	23,4
Mg-компонент	56,4	60,8	58,0	54,5	51,1	57,3	51,9	49,2	51,4

Для оценки влияния давления на состав клинопироксенов несомненно представляют интерес подобранные нами сравнительные данные для пироксенов явно барофильного происхождения, представленные в табл. 4. Из приведенных анализов и результатов их пересчетов следует, что клинопироксены даже из лампроитов и кимберлитов обладают не столь явно выраженными барофильными свойствами, по сравнению с пироксенами – включениями в алмазах. В последнем случае они всегда содержат явно повышенное количество натрия, а иногда и некоторое количество калия. Весьма характерна также принадлежность пироксенов к двум минеральным парагенезисам: в ультраосновном они обладают пониженной железистостью, что характерно для минералов из высокотемпературных парагенезисов, содержат ограниченное количество алюминия и всегда – переменное количество хрома, нередко достигающее нескольких процентов; в барофильных пироксенах эклогитового происхождения всегда отмечается более высокая железистость (12-20 %), более высокое содержание алюминия и очень много натрия, иногда достигающее 5-8 %.



гроссуляра

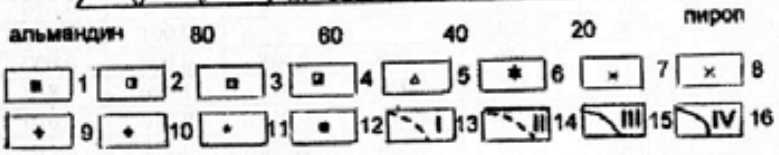
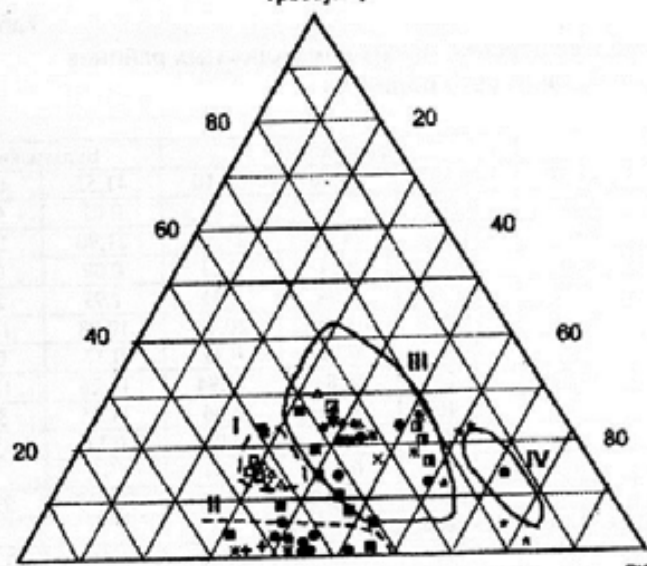


Рис. 3. Состав бесхромистых магнезиально-железистых гранатов из аллювиальных отложений и коренных пород Башкирского поднятия:

1 – из аллювиальных отложений Маярдакского района “периферийного” северного ореола; 2 – то же из “центрального” южного ореола; 3 – из эклогитов Буганакского комплекса (R<sub>1</sub>) Маярдакского района; 4 – из кварцитов зигальгинской (R<sub>2</sub> зг) свиты Маярдакского района; 5 – из аллювиальных отложений Шатак-Узянского района; 6 – из сланцев буландихинской толщи (R<sub>1</sub> бул) Шатак-Узянского района; 7 – из аллювиальных отложений Бурзянского района; 8 – из конгломератов ордовикского возраста

Бурзянского района; 9 – из гравелитов такатинской свиты Бурзянского района; 10 – из эклогитов Южно-Краинского ультрамафитового массива (Апшакский участок); 11 – из рыхлых отложений Макарово-Нугушского района; 12 – из гранатовых ультрамафитов Миндакского массива (по Е.В. Пушкареву); 13 – поле составов гранатов из коровых эклогитов; 14 – поле составов гранатов из терригенных пород; 15 – поле составов гранатов из мантийных эклогитов [6]; 16 – поле гранатов из неалмазносных эклогитов, по Н.Н. Сарсалских, 1972 [6]

Таблица 4

Составы моноклинных пироксенов из включений и сростков с алмазами [1, 7, 8]

Регион, местоположение	Архангельская провинция, Золотницкое поле					Якутия		
	включе-ния в алм. (14)	вкл. и сростки (10)	сросток с алмазом (1)	алмаз. Mg-Fe экл. (6)	алмаз. Al эклогит (173)	включения в алмазах		
						ультраосновной парагенезис	эклогитовый	
SiO <sub>2</sub>	55,06	55,60	54,70	52,99	54,93	55,40	55,40	55,60
TiO <sub>2</sub>	0,11	0,25	0,44	0,28	0,51	0,33	0,07	0,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,46	3,63	4,60	2,24	8,42	3,14	1,75	8,60
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,80	1,22	6,43	0,26	0,10	0,69	1,65	0,05
FeO	1,99	2,06	6,17	5,02	5,00	2,05	1,36	5,64
MnO	0,05	0,05	0,06	0,21	0,06	0,08	0,03	0,08
MgO	17,07	15,03	8,48	19,51	11,16	16,10	16,60	9,78
CaO	20,46	18,34	12,10	17,77	14,70	19,00	21,40	13,50
Na <sub>2</sub> O	1,43	3,07	7,78	1,03	4,79	2,44	1,40	5,84
K <sub>2</sub> O	0,24	0,04	0,03	0,01	0,12	-	0,15	0,08
Сумма	99,67	99,40	100,79	99,32	99,80	99,31	99,81	99,66
Главные минеральные составляющие, %								
Ti-фассаит	0,24	0,57	1,18	0,58	1,25	0,73	0,2	1,16
Юриит	2,72	1,96	12,14	0,37	0,18	1,07	2,5	0,08
Омфациит	3,18	8,71	11,36	3,27	19,89	7,33	3,1	22,94
Са-чермакит	0,09	-	-	1,17	-	-	0,5	-
Акмит	-	1,54	12,59	-	0,18	0,98	-	2,83
Энстатит	48,74	45,62	30,18	53,05	36,14	47,52	47,7	33,01
Волластонит	41,77	39,63	30,17	33,57	33,36	39,82	43,8	31,98
Ферросилит	3,26	1,97	2,38	7,99	9,00	2,55	2,2	8,00
Основные расчетные параметры								
Железистость, f%	6,1	7,1	7,0	12,6	19,8	4,8	4,4	19,2
Al <sup>VI</sup> /Al <sup>IV</sup>	11,4	>10	>10	0,54	11,75	>10	>10	>10
A/B [10]	25,0	18,7	19,9	8,3	16,2	11,5	30,5	19,8
CaO/MgO+CaO, %	46,3	46,7	50,6	39,6	48,6	45,9	48,1	49,8
T °C, расч.	1075	1065	940	1285	1000	1080	1015	960

Примечание. В скобках – количество анализов.

Проведенный нами анализ состава 9 зерен представительных моноклинных пироксенов из участков распространения четвертичных алмазоносных россыпей в западном и восточном обрамлениях Башкирского поднятия свидетельствует, что хотя подавляющее их большинство из проанализированных 45 пироксенов принадлежит к малоглубинным безгранатовым парагенезисам из базальтов и габброидов, лишь несколько из них, анализы которых частично приводятся в табл. 5, принадлежат к явно барофильным, о чем можно судить по высокому расчетному отношению в них  $Al^{VI}/Al^{IV}$ . Надежным критерием при оценке роли давления при их образовании является также соотношение барофильных юриитового, омфацитового и кальций-чермакитового миналов с фассаитовыми, представленными в данном случае лишь титанистым фассаитом методом, предложенному в свое время М. Муоцем и Дж. Сегредо [10].

Наглядно различия в составе клинопироксенов выявляются и на диаграмме Al - Na (рис. 4). Повышенное содержание в них глинозема связано с наличием в их составе в существенных количествах нормативного кальций-чермакитового минала, который наиболее характерен для безгранатовых фаций пород и чаще всего встречается во вкрапленниках базальтов и среди габброидов. Хромдиопсиды же, наиболее характерные для барофильных фаций пород, в первую очередь кимберлитов и лампроитов, встречаются среди терригенных толщ и россыпей в обрамлении Башкирского поднятия достаточно редко.

Судя по приведенным в табл. 5 составам клинопироксенов во включениях в алмазах, они принадлежат к двум парагенезисам - перидотитовому, где содержание окиси хрома колеблется от 0,7 до 1,8 % при минимальном содержании в них натрия, и эклогитовому, где содержание хрома минимально, а окиси натрия, как уже упоминалось, весьма значительно.

Таблица 5  
Состав клинопироксенов из алмазоносных районов обрамления Башкирского поднятия

Район	Макарово-Нугушский				Маярдакский			
	SiO <sub>2</sub>	52,84	52,20	52,20	53,90	53,71	52,80	56,42
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,08	0,12	0,23	0,06	0,04	0,08	0,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,53	3,68	4,19	3,50	0,69	0,75	0,77	3,79
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,39	1,07	1,20	1,40	0,54	0,64	0,72	1,41
FeO	1,83	2,74	3,27	1,93	2,94	2,55	3,31	2,54
MnO	0,03	0,10	0,06	0,06	0,13	0,13	0,15	0,13
MgO	18,02	17,81	15,83	16,06	19,44	19,72	18,48	14,32
CaO	23,00	22,04	22,21	22,90	22,22	23,04	19,82	21,53
Na <sub>2</sub> O	1,58	2,01	2,29	2,91	0,12	0,11	0,14	1,02
Сумма	101,25	101,77	101,32	102,98	99,85	99,78	99,89	100,08
Главные минеральные составляющие								
Ti-фассаит	0,06	0,13	0,3	0,5	0,13	0,08	0,17	0,42
Юриит	1,94	1,5	1,7	2,0	0,77	0,89	1,08	2,26
Омфациит	3,49	5,4	6,3	6,8	-	-	-	1,75
Ca-чермакит	1,28	1,5	1,7	-	0,97	1,09	1,31	5,04
Акмит	-	-	-	1,4	-	-	-	-
Энстатит	47,63	40,5	42,0	44,2	51,86	51,66	52,61	43,09
Волластонит	42,84	46,8	42,9	43,5	41,68	42,34	39,30	42,93
Ферросилит	2,76	4,2	5,1	1,6	4,59	3,94	5,53	4,51
Основные расчетные параметры								
Железистость, %	5,4	7,9	10,4	6,3	7,8	6,8	9,1	9,1
$Al^{VI}/Al^{IV}$	0,12	0,28	0,61	0,70	0	0	>10	10,5
A/B [10]	>50	57	32	17,6	13,5	24,7	14,1	21,5
CaO/MgO+CaO, %	47,8	47,1	50,2	50,6	45,1	45,6	43,5	51,9
T °C расч.	985	1000	910	900	1060	1040	1105	860

### Заключение

При оценке алмазоносности обширной территории в обрамлении Башкирского поднятия первостепенный интерес представляет область Макарово-Нугушской структуры, находящейся в западной его части, откуда было изучено значительное количество высокопироповых кноррингитсодержащих гранатов, но пока только из аллювиальных отложений. Встречаются они и в пределах Шатак-Узянского участка, но значительно реже. К тому же содержание нормативного кноррингита в них ниже и колеблется от 4 до 10 %.



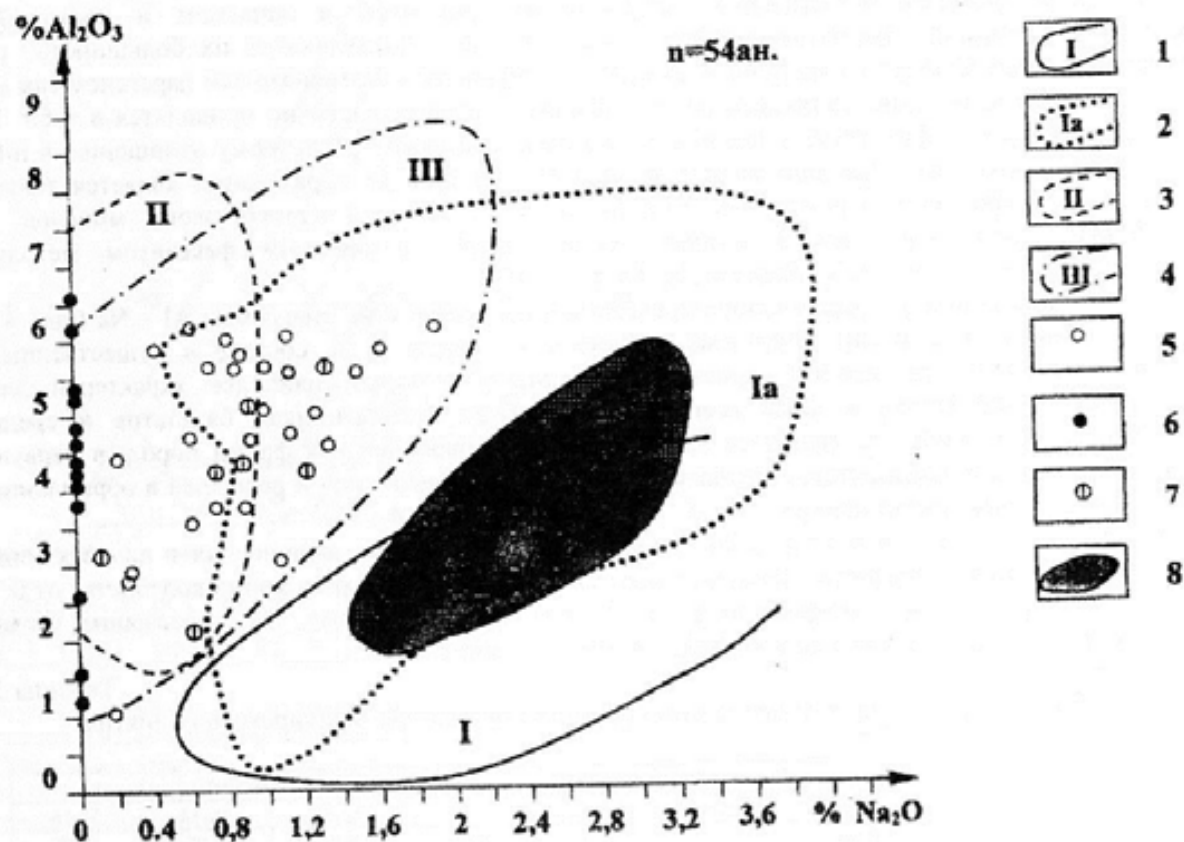


Рис. 4. Сопоставление составов хромдиопсидов Макарово-Нугушской (Кулгунинской) алмазоносной зоны с хромдиопсидами из кимберлитов на диаграмме И.П.Илупина [4]:

1 – хромдиопсиды алмазоносной ассоциации; 2 – хромдиопсиды из основной массы кимберлитов Сев. Америки и габрики Обнаженной в Якутии; 3 – хромдиопсиды из вкрапленников в базальтах и андезитах; 4 – хромдиопсиды из глубинных нодулей в щелочных базальтах; 5-8 – хромдиопсиды из Алатауской алмазоносной зоны Башкирии: 5 – из шлихов; 6 – из протолок; 7 – участок Березовский; 8 – поле кимберлит-лампронитовых хромдиопсидов Алатауской зоны.

Несомненно, представляют интерес и данные составов пироп-альмандиновых гранатов, генетически связанных с мантийными и коровыми эклогитами, среди которых несколько зерен с Маярдакского, Бурзянского и Шатак-Узянского участков также относятся к алмазоносному парагенезису.

Что касается моноклинных пироксенов, то подавляющее большинство проанализированных его индивидов принадлежит к вкрапленникам базальтов и лишь два из них с Маярдакской площади – к явно барофильному парагенезису. Типичных же клинопироксенов, характерных для алмазоносных парагенезисов типа Архангельской провинции, нами вообще не было зафиксировано. Характерно, что для всех изученных пироксенов устанавливается сравнительно низкая температура образования – от 860 до 1060 °С, более низкая, чем для включений в алмазах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архангельская алмазоносная провинция / Богатиков О.А., Гаранин В.К., Кононова В.А. и др. М.: Изд. МГУ, 1999. 524 с.
2. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампрониты Западной Австралии. М.: Мир, 1989. 430 с.
3. Добрецов Н.Л., Кочкин И.Н., Кривенко А.П., Кутолин В.А. Породообразующие пироксены. М.: Наука, 1971. 454 с.
4. Илупин И.П. Находки “кимберлитовых” минералов в некимберлитовых изверженных горных породах // Тр. ЦНИГРИ. Вып. 188. М., 1984. С. 46-51.
5. Лаврова Л.Д., Печников В.А., Плешаков А.М., Надеждина Е.Д., Шуколюков Ю.А. Новый генетический тип алмазных месторождений. М.: Научный мир, 1999. 228 с.

6. Малахов И.А. Расчет формул минералов и использование их типохимизма для выявления генетической природы и формационной принадлежности пород: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГТГА, 2002. 228 с.

7. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии // Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 183. Новосибирск: Наука, 1974. 264 с.

8. Соболев Н.В., Ефимова Э.С., Реймерс Л.Ф. и др. Минеральные включения в алмазах Архангельской алмазоносной провинции // Геология и геофизика. 1997. № 2. С. 358-370.

9. MacGregor I.D. The effect of CaO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the stability of spinel and garnet peridotites - Phys. Earth and Planet Interior, 1970, No3. P. 372-377.

10. Munoz M., Segredo J. Clinopyroxenes as geobarometric indicators in mafic and ultramafic rocks from Canary Islands. Contribs Mineral. and Petrol., 1974, vol. 44. P. 139-147.

УДК 553.435

В.Ф. Рудницкий

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНЫХ ОТВОДОВ МЕДНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УРАЛА

Интенсификация горнодобывающего производства за счет совершенствования технических средств и технологий существенно сокращает сроки разработки месторождений, что требует оперативного восполнения разведанных запасов минерального сырья. Воспроизводство минеральных ресурсов для действующих меднорудных предприятий может быть осуществлено по различным направлениям: освоение близрасположенных новых объектов; вовлечение в переработку техногенных отходов, в т. ч. старых отвалов с некондиционными на период разработки объемами бедных руд и оруденелых пород и пр. Одним из приоритетных и эффективных направлений, не требующих значительных затрат на геологоразведочные и горнопроходческие работы, остается поиск и осуществление прироста запасов за счет обнаружения новых залежей на флангах и глубоких горизонтах эксплуатируемых месторождений. Открытие Ново-Учалинского медноцинковоколчеданного месторождения в 1,5 км к югу от действующего Учалинского рудника [6], а также выявление Нижней залежи в борту Сибайского карьера с запасами в несколько сотен тысяч тонн металла подтверждают перспективность горных отводов медных рудников для наращивания запасов минерального сырья.

Методологические основы прогнозирования медноколчеданного оруденения в вулканитах базальт-риолитовой и базальт-андезит-дацит-риолитовой формации палеозойского возраста Урала освещены в многочисленных рекомендациях и разработках [1-5, 8-10, 12, 16]. Предложены многофакторные модели месторождений, состоящие из элементов, доступных для обнаружения методами, применяемыми на соответствующих стадиях геологоразведочных работ. На основе их составлены прогнозно-поисковые комплексы [8].

Колчеданные залежи и вмещающие их вулканиты - это продукты единого петрологического процесса. В связи с этим перспективными и эффективными при локальном прогнозировании являются, на наш взгляд, разработки, основанные на изучении вещественных и вещественно-структурных проявлений вулканогенных, гидротермальных и седиментационных процессов, ведущих к колчеданному рудоотложению и сопровождающих его. Наиболее значимые предпосылки обнаружения колчеданного оруденения сведены в обобщающем разрезе (рис. 1).

Необходимым условием эффективного прогнозирования является выделение этапов работ, определение при этом целей и задач, методов решения и четкого понимания конечных результатов для каждого этапа. В зависимости от уровня изученности того или иного участка прогнозно-поисковые работы проектируются с соответствующего этапа.

Наиболее рациональна, на наш взгляд, следующая последовательность выявления объектов и факторов при локальном (крупномасштабном) прогнозировании колчеданного оруденения на площадях в пределах горных отводов действующих меднорудных предприятий Урала (рис. 2).