

УДК 552.322.2:549.621.9

ВАРИАЦИИ СОСТАВА ГРАНАТА В ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТАХ ЖИЛЫ ЮЖНАЯ (АДУЙСКОЕ ПЕГМАТИТОВОЕ ПОЛЕ)

Н.В. Вахрушева¹, Е.С. Шагалов²

¹Уральская государственная горно-геологическая академия

²Институт геологии и геохимии УрО РАН

Гранитные пегматиты Адуйского поля локализованы в западном гнейсовом обрамлении одноименного гранитного массива. Подавляющее большинство пегматитовых тел Адуя имеют выдержанное северо-восточное простирание и крутое, вплоть до вертикального, падение. Положение по отношению к вмещающим их роговообманковым, биотит-роговообманковым гнейсам и биотитовым гранито-гнейсам в подавляющем большинстве случаев секущее.

Жила Южная, расположенная в юго-западной части Адуйского участка, обладает рядом специфических вещественных особенностей, делающих её крайне привлекательным минералогическим объектом исследования. В частности, такими особенностями являются: 1) находки кристаллов топаза и других минералов глинозема (андалузит, корунд, хризоберилл), не характерных для Адуйских пегматитов [3, 4]; 2) проявление во всех зонах пегматитового тела титано-тантало-ниобиевой (ильменит, ильменорутит, колумбит) акцессорной минерализации [5]; 3) необычайное разнообразие форм кристаллов граната [2] и существенные вариации состава минерала; 4) в ассоциации с гранатом установлены такие редкости для Адуя, как ксенотим и монацит.

Пегматитовое тело прослежено по простиранию на 43 метра при мощности от 1 до 3,5 м. Состоит из двух частей: северной – «топазовой» и южной – «хризоберилловой». Северная часть расчищена до глубины 2,6 метра, южная – до 7,5 метров. Между ними вскрыта перемычка гранито-гнейса, мощностью около 1,2 м.

Петрографический разрез пегматитового тела от вмещающих биотитовых гранито-гнейсов к центру жилы симметричный: в контакте с гранито-гнейсом, как в северной, так и в южной частях жилы находятся пегматиты графической структуры. Аплитовая зона, характерная для других пегматитовых жил Адуя, либо отсутствует, либо представляет собой более поздний маломощный прожилок. Строение зоны графического пегматита неоднородно: внешняя подзона представлена кварц-

ортоклазовым среднеграфическим пегматитом с невыдержанной формой ихтиоглиптов кварца; центральная подзона сложена кварц-олигоклазовым пегматитом мелкографической структуры с крупными лейстами мечевидного биотита; внутренняя подзона имеет кварц-ортоклазовый состав с ориентировкой ихтиоглиптов кварца перпендикулярно контакту с блоковой зоной. Блоковая зона развита в южной «хризоберилловой» части жилы. Строение блоковой зоны невыдержанное по падению: блоки ортоклаза сменяются мусковит-полевошпатовым агрегатом, к которому и приурочена разнообразная минерализация. Блоковая зона находится в контакте с кварцевым ядром, внешняя часть которого молочно-белого, внутренняя – серого цвета.

В северной «топазовой» части графический пегматит сменяется к центру жилы зоной мелкозернистого альбитового пегматита, наиболее богатого второстепенными и акцессорными минералами, в том числе и гранатом. К центру жилы в альбитовом пегматите увеличивается количество и размер индивидов мусковита. Кварцевое ядро в северной части жилы (до глубины 2,5 м) отсутствует. В альбитовой зоне отмечаются небольшие щелевидные пустоты, вокруг которых наблюдается локальное развитие элементов блоковой зоны: щетки небольших (до 2 см) кристаллов ортоклаза, полупрозрачного альбита, дымчатого кварца с мусковитом и бесцветным топазом.

Гранат альмандин-спессартинового ряда с небольшим (до 5%) содержанием пиропового минала отмечается во всех частях жилы и зонах пегматитового тела. В мусковит-полевошпатовом агрегате блоковой зоны южной части жилы и в альбитовом пегматите северной части его количество достигает 10% и более. Минерал встречается как в виде хорошо ограненных кристаллов, часто с редко встречающимися простыми формами [2], так и в виде прожилков в мусковит-полевошпатовом агрегате.

Нами исследовалась зональность в кристаллах граната из кварц-ортоклазового пегматита графической структуры в контакте с альбитовой зоной из северной части и мусковит-полевошпатового агрегата блоковой зоны южной части жилы.

В графическом кварц-ортоклазовом пегматите гранат темный, кристаллы вишнево-красного цвета небольшого размера (до 1,5 мм в диаметре). По составу соответствует альмандину (см. табл. 1, обр.110/02 и 65/02). От центра к краю зерна повышается содержание спессартинового минала и постепенно исчезает пироповая составляющая (см. рис. 1). В альбитовом пегматите гранат имеет существенно более светлую окраску и по составу соответствует спессартину (табл. 1, обр.53/02).

Таблица 1

Химический состав граната из пегматитов северной части жилы Южная

Компо- ненты	65/02	110/02			53/02		
		центр	край1	край2	5	6	7
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	38,05	36,41	36,62	36,28	37,66	38,13	37,81
MgO	0,07	0,70	0,45	0,00	-	0,05	-
Al ₂ O ₃	19,68	20,39	20,68	20,9	19,64	19,55	20,1
CaO	0,18	-	-	-	0,11	0,11	0,1
TiO ₂	0,18	-	-	-	0,1	0,13	0,13
FeO	23,73	25,58	24,43	25,02	19,08	18,7	17,98
MnO	20,56	16,85	17,41	17,96	25,11	25,13	24,42
Формульные коэффициенты							
Si	3,02	3,00	3,03	2,99	3,07	3,1	3,12
Al	1,87	1,98	2,01	2,03	1,9	1,87	1,93
Fe ²⁺	1,59	1,74	1,69	1,72	1,31	1,26	1,24
Fe ³⁺	0,09	0,02	-	-	-	0,02	-
Ti	0,01	-	-	-	0,01	0,01	-
Mg	0,01	0,08	0,05	0	-	0,01	-
Mn	1,39	1,18	1,22	1,25	1,7	1,72	1,68
Ca	0,01	-	-	-	0,01	0,01	0,01
Миналы							
Alm	53,18	58,00	57,09	57,91	43,52	42,14	42,47
Sp	46,49	39,33	41,22	42,09	56,48	57,53	57,53
Py	0,33	2,67	1,69	0	0	0,33	0

Примечание: Alm – альмандин; Sp – спессартин; Py – пироп. 65/02, 110/02 – графический кварц-ортоклазовый пегматит; 53/02 – альбитовый пегматит (центр трех зерен). Анализы 1-3 выполнены в лаборатории ИМин УрО РАН, аналитик В.А.Муфтахов; анализы 4-7 – в лаборатории УГГГА, аналитик В.Н. Ослоповских.

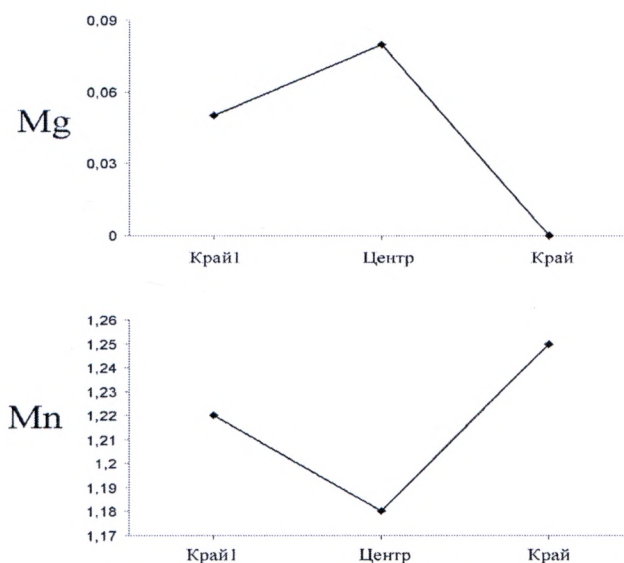


Рис.1. Зональное распределение марганца и магния в зерне альмандина (обр. 110/02) из графического пегматита северной части жилы.

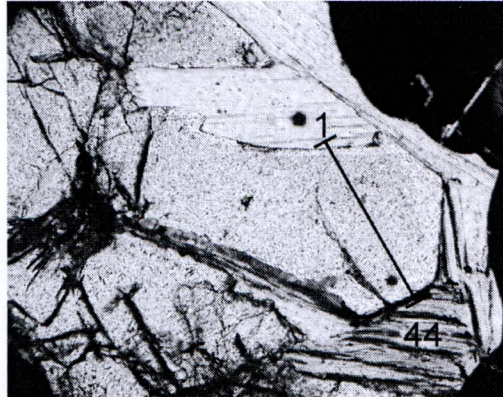
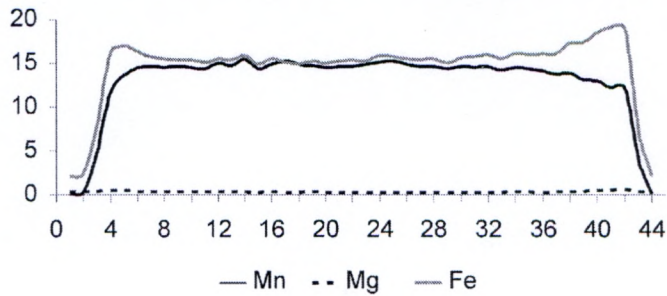


Рис.2. Зональное зерно граната (обр.140/02): справа – фото шлифа без анализатора (увеличение 25^{\times}), слева – микрозондовый профиль. От центра – к краю возрастает содержание железа и снижается количество марганца.

В мусковит-полевошпатовом агрегате блоковой зоны южной части жилы идиоморфные кристаллы граната, до 5-8 мм и более в поперечнике имеют индукционные поверхности с мусковитом и полевыми шпатами. Окрашены кристаллы в коричнево-красный цвет; на сколе в крупных кристаллах невооруженным глазом видна цветовая зональность, проявленная в освещении краевой части зерна. В шлифе в проходящем свете центральная часть кристалла – бледно-коричневатая, краевая – бесцветная. При микрозондовом исследовании химического состава была установлена зональность (рис. 2), обратная описанной выше.

Внешняя бесцветная в шлифе часть зерна оказалась по составу алмандиновой каймой; центральная окрашенная – спессартином (см. табл. 2). Кроме того, наблюдается заметное возрастание содержания MgO к краю зерна. Такой тип зональности может свидетельствовать о повышении P-T параметров при образовании мусковит-полевошпатового агрегата.

Исследовался состав гранатов, необычных по цвету и морфологии, образующих прожилки в том же мусковит-полевошпатовом агрегате южной части жилы. Этот тип граната является, очевидно, более поздней генерацией, чем ассоциирующие с ним красно-коричневые идиоморфные кристаллы с «обратной» [1] зональностью.

Таблица 2

Химический состав граната из мусковит-полевошпатового агрегата блоковой зоны южной части жилы Южная

Компоненты	132/02			140/02		
	центр	край 1	край 2	центр	край 1	край 2
SiO ₂	36,1	36,43	36,39	36,23	35,98	37,08
MgO	0,59	0,59	1,25	0,6	0,55	1,16
Al ₂ O ₃	21,4	20,91	21,33	20,53	20,49	20,99
CaO	0,13	0,13	0,09	0,16	0,14	0,13
TiO ₂	0,18	0,13	0,05	0,2	0,2	0,05
FeO	19,46	20,64	24,62	20,42	19,71	22,16
MnO	22,65	21,83	16,09	22,08	21,83	18,53
Формульные коэффициенты						
Si	2,95	2,98	2,98	2,99	3,00	3,03
Al	2,07	2,01	2,05	2,00	2,00	2,01
Al ⁴	0,04	0,01	0,01	0	0	0
Al ⁶	2,03	2,00	2,04	2,00	2,00	2,01
Fe ²⁺	1,33	1,42	1,66	1,39	1,35	1,52
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Mg	0,05	0,05	0,15	0,05	0,05	0,15
Mn	1,57	1,52	1,13	1,54	1,55	1,27
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Миналы						
Alm	45	47	56	47	46	52
Sp	53	51	38	52	53	43
Pu	1,7	1,7	5	1,7	1,7	5

Примечание: Alm – альмандин; Sp – спессартин; Pu – пироп. Анализы выполнены в лаборатории ИГиГ УрО РАН, аналитик Е.С.Шагалов.

В образце гранат в прожилках окрашен в густой черный цвет, при этом ограненных кристаллов макроскопически не обнаруживается. При исследовании в шлифе (см. рис. 3) оказалось, что прожилки сложены крупными (до 10 мм и более) кристаллами с четкой цветовой зональностью, обрастающими микрозернистым агрегатом граната того же состава, что и краевая часть кристаллов.

Детальное исследование состава «черного» граната привело к следующим результатам:

- гранат по составу соответствует спессартину; от центра к краю зерна наблюдается увеличение содержания марганца (рис. 4);
- количество железа в зерне остается практически постоянным: центральная, светлоокрашенная, и краевая темная части содержат близкие количества FeO (см. табл. 3);

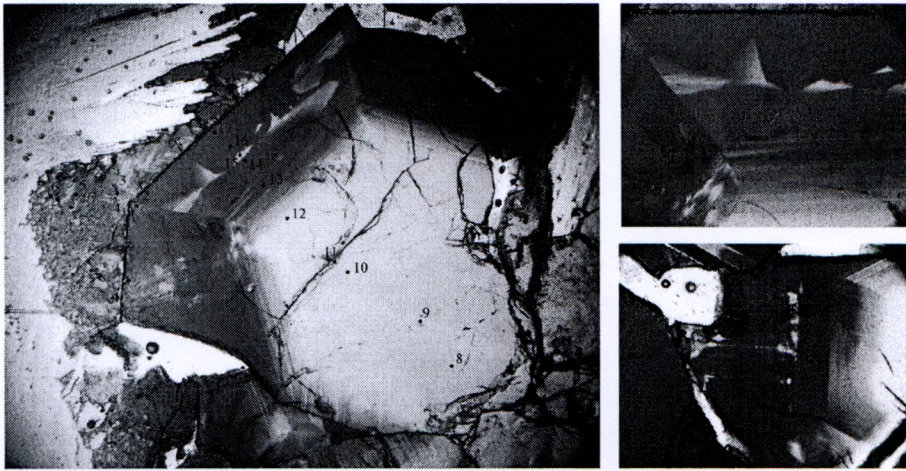


Рис.3. Зональность в гранате из прожилка в мусковит-полевошпатовом агрегате блоковой зоны южной части жилы. Слева – зональный кристалл, обрастающий микрозернистым агрегатом; справа - фрагменты внешней части кристалла. Фото шлифа без анализатора.

- центральная часть содержит значительную примесь иттрия, который в краевой части отсутствует (см. рис. 4);
- краевая часть неоднородна по окраске: светлые полосы и секторы (рис. 3, справа) по составу близки окрашенной зоне, а не светлой центральной части;
- микрозернистый агрегат граната, обрастающий кристаллы, близок по составу внешней части кристалла (табл. 3).

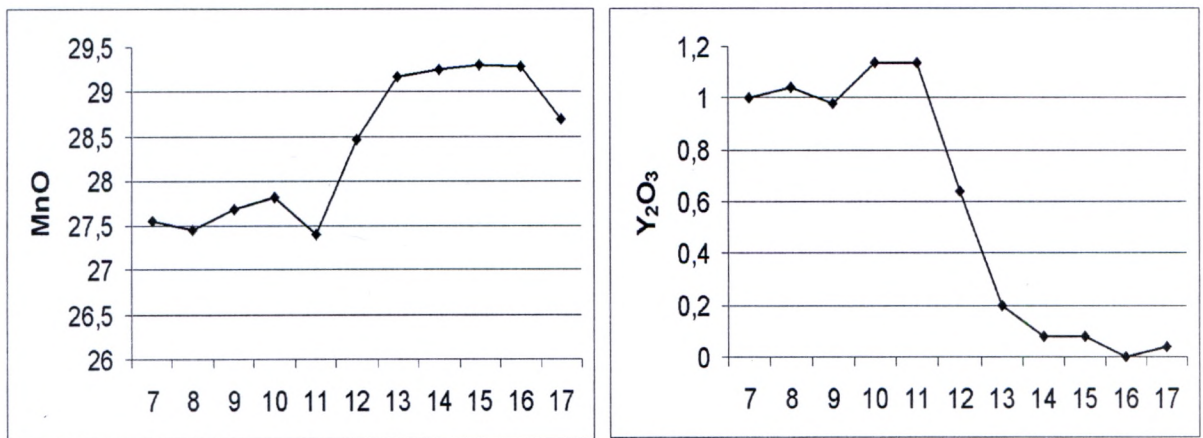


Рис.4. Зональное распределение марганца и иттрия в зерне граната (обр.216/02). Номера анализов соответствуют приведенным на рис. 3 (слева).

Таблица 3

Химический состав граната из прожилка в мусковит-полевошпатовом агрегате блоковой зоны (обр.-216/02)

Компо- ненты	Номера анализов (показаны на рис.3)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	35,47	35,29	35,4	35,7	35,77	35,35	34,84	35,05	35,23	35,2	34,27	35,02	35,15	35	35,16	35,29	34,41
FeO	16,29	16,85	16,34	16,64	16,23	16,14	16,63	16,61	16,91	16,84	16,7	16,33	16,41	16,76	16,54	16,66	16,39
MnO	28,35	28,13	28,56	28,5	29,14	28,55	27,56	27,45	27,68	27,81	27,41	28,46	29,17	29,26	29,3	29,29	28,69
MgO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,22	0,27	0,29	0,33	0,29	0,29	0,24	0,22	0,38	0,22	0,22	0,25
Al ₂ O ₃	20,32	19,98	20,14	20,34	20,49	20,51	20,57	20,43	20,47	20,32	20,7	20,38	20,33	20,33	20,37	20,4	20,44
TiO ₂	0,16	0,16	0,16	0,14	0,16	0,16	0,16	0,14	0,14	0,16	0,16	0,16	0,18	0,16	0,12	0,16	0,16
CaO	0,07	0,08	0	0	0	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Y ₂ O ₃	0,02	0,04	0	0	0	0,02	1	1,04	0,98	1,14	1,14	0,64	0,2	0,08	0,08	0	0,04
ZrO ₂	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,08	0,1	0,06	0,06	0,08	0,12	0,12	0,1	0,1	0,06	0,08
Формульные коэффициенты																	
Si	2,91	2,89	2,90	2,91	2,90	2,88	2,86	2,87	2,87	2,85	2,82	2,87	2,87	2,84	2,84	2,86	2,81
Fe ²⁺	1,01	1,00	0,98	1,01	0,97	0,94	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	0,99	0,98	0,94	0,95	0,95	0,95
Fe ³⁺	0,12	0,15	0,14	0,12	0,13	0,16	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,20	0,18	0,18	0,18
Mn	1,97	1,97	1,99	1,97	2,00	1,98	1,92	1,91	1,91	1,93	1,92	1,98	2,01	2,01	2,03	2,01	2,01
Mg	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03
Al	1,96	1,93	1,95	1,96	1,96	1,97	1,99	1,98	1,97	1,96	2,01	1,97	1,96	1,95	1,97	1,95	2,00
Ti	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	0,01	0,005	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	-
Y	-	-	-	-	-	-	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,01	0,01	-	-	-	-
Zr	-	-	-	-	-	0,04	0,01	0,01	0,01	-	-	0,01	0,01	-	-	-	-
Минералы, %																	
Alm	33,67	33,33	32,67	33,67	32,44	32,78	34,78	34,78	34,78	34,45	34,56	33,00	32,56	31,44	31,67	31,88	31,77
Sp	65,67	65,67	66,33	65,67	66,89	66,22	64,21	63,88	63,88	64,55	64,43	66,00	66,78	67,22	67,67	67,45	67,22
Pu	0,67	1,00	1,00	0,66	0,67	1,00	1,00	1,00	1,34	1,00	1,01	1,00	0,66	1,34	0,67	0,67	1,00

Примечание: Alm – альмандин; Sp – спессартин; Pu – пироп. 65/02, 110/02 - графический кварц-ортоклазовый пегматит; 53/02 – альбитовый пегматит (центр трех зерен). Анализы выполнены в лаборатории ИГиГ УрО РАН, аналитик Е.С.Шагалов.

В целом, разнообразие состава и типов зональности граната может свидетельствовать о сложном неодноактном процессе пегматитообразования жилы Южная Адуйского пегматитового поля.

Литература

1. *Авченко О.В.* Петрогенетическая информативность гранатов метаморфических пород. М.: Наука, 1982. 104 с.
2. *Аныгина Е.В., Веретенникова Т.Ю.* Кристалломорфология гранатов из гранитных пегматитов жилы Южная. // Уральская минералогическая школа-2003. Екатеринбург, 2003 (в печати).
3. *Вахрушева Н.В., Ерохин Ю.А., Шагалов Е.С., Тверяков В.Б.* Андалузит в гранитных пегматитах жилы Южная (Адуйское пегматитовое поле) // Минералогия Урала-2003. Миасс. 2003. Т. 2. С. 125-130.
4. *Ерохин Ю.В., Вахрушева Н.В., Шагалов Е.С.* Хризоберилл из гранитных пегматитов Адуйского участка. // Уральская минералогическая школа-2003. Екатеринбург, 2003 (в печати).
5. *Шагалов Е.С., Ерохин Ю.В., Вахрушева Н.В., Сустанов С.Г., Норкина Ю.* Титан-тантал-ниобиевая минерализации пегматитовой жилы Южная. // Уральская минералогическая школа-2003. Екатеринбург, 2003 (в печати).