

УДК: 549.905 (-924.76)(479.24)

**ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ШПИНЕЛИДОВ В
ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПОРОД ТРАХИБАЗАЛЬТ-
ТРАХИДОЛЕРИТОВОГО И ТЕФРИТ-ТЕШЕНИТОВОГО
КОМПЛЕКСОВ ХОДЖАВЕНДСКОГО ПРОГИБА
МАЛОГО КАВКАЗА**

Г.Д.БАБАЕВА*, М.Н.МАМЕДОВ, Н.М.САДЫГОВ***

**Институт геологии Национальной Академии Наук Азербайджана*

***Бакинский Государственный Университет*

gultekin56@rambler.ru

В статье рассматриваются характерные особенности ферро- и хромшпинелидов для установления условий кристаллизации пород трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба. Установлено, что хромшпинель в ассоциации с хромдиопсидом и флогопитом кристаллизовался в более глубинном промежуточном очаге. Тефритовый остаточный расплав, соответствующий по составу следующей порции субцелочной пикритовой магмы, при сопровождении более окислительной обстановки кристаллизовался в менее глубинном очаге. Процесс кристаллизации в интрузивной камере происходил при частичной потере летучих компонентов и кристаллизационной дифференциации. Породы трахибазальт-трахидолеритового комплекса кристаллизовался в менее глубинном промежуточном очаге.

Ключевые слова: тефрит, тешенит, трахибазальт, Ходжавендский прогиб, хромшпинель, флогопит, хромдиосид

Минералы-индикаторы, характеризующие различные стадии кристаллизации магматических расплавов, несут важную геолого-геодинамическую и физико-химическую информацию о процессах, происходивших в разноглубинных промежуточных очагах и в интрузивной камере.

В данном контексте среди пороодообразующих минералов шпинелиды являются наиболее чувствительными индикаторами, т.е. показателями окислительно-восстановительных и геологических условий кристаллизации магматических расплавов.

При этом выявление индикаторных значений шпинелидов в составе пород трахибазальт-трахидолеритового и тешенит-тефритового комплексов приобретает важное петрогенетическое значение.

Впервые выделенные нами трахибазальт-трахидолеритовый и тефрит-тешенитовый комплексы (Мамедов и др., 2008, 2009, 2012, 2013; Бабаева и др., 2013), характеризующие сантонский этап вулканизма Ходжавендского прогиба в геолого-петрографическом аспекте изучались В.П.Ренгартеном (1959), Ф.А.Ахундовым (2003), А.Г.Авдеевым и др. (1989), Ю.В.Карякиным (1989), Э.Ш.Шихалибейли и др. (1994).

Петрогенетическое значение ферро- и хромшпинелидов в составе пород рассматриваемых комплексов слабо изучены. В этой связи на основании последовательности кристаллизации, химического и микроэлементного составов, а также и других особенностей ферро- и хромшпинелидов сделаны попытки выявления условий кристаллизации пород трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба.

Данный прогиб расположен на южном окончании Агдамского и северном Гарабагского антиклинориев и выполнен верхнеюрскими и меловыми отложениями (Шихалибейли и др., 1994). Верхнеюрские и раннемеловые отложения распространены на юго-западном и северо-западном окраинах, а верхнемеловые вулканогенные и осадочные комплексы – осевой зоне прогиба.

Лаво-пирокластические и субвулканические фации раннего подэтапа сантонского вулканизма локализованы по юго-западному борту прогиба. Здесь маломощные лавовые потоки трахибазальтов расположены среди раннесантонских известняков, альбских туфопесчаников и туфо-конгломератов.

Субвулканические образования в виде мелких штокообразных, силловых, а также дайкообразных тел приурочены к линейным зонам и узлам пересечения поперечных и продольных разломов.

Вулканиды тефрит-тешенитового комплекса развиты в осевой зоне прогиба и соответствуют позднему подэтапу сантонского вулканизма. Среди фациальных разновидностей рассматриваемого комплекса преобладающими являются лавовые потоки тефритов. Вулканические брекчии, различные туфы и туфобрекчии сконцентрированы вокруг вулканических центров Керт, Чартаз, Гиши и др. Гипабиссальные дифференцированные пластовые интрузивы тешенитов размещены среди турон-сеноманских известняков и сантонских тефритовых эффузивов. Дайковые образования тефритов вблизи с.Гавахан, согласно простиранию лавовых потоков, ориентированы субширотным направлением.

В петрографическом отношении породы трахибазальт-трахидолеритового комплекса в эффузивно-пирокластической фации сложены клинопироксеновыми, клинопироксен-анальцимовыми, плагиоклазовыми трахибазальтами. Вкрапленники представлены оливином, клинопироксеном, плагиоклазом и в небольшом количестве титаномагнетитом, роговой

обманкой и биотитом. Анальцитом в виде мелких глазков участвует в основной массе анальцитом-клинопироксенового трахибазальта.

Среди отмеченных вкрапленников наиболее идиоморфным является гиалосидерит-хризолитовый оливин ($d\alpha=2,781\text{Å}-2,786\text{Å}$, $Fa=26-30\%$), нередко замещенный илдингсит-боулингом, изредка хлоритом и гидроокисью железа. Остатки неизменного оливина в виде островков отмечаются между шнурками илдингсита и боулингита.

По последовательности кристаллизации последующим представителем порфировых поколений минералов является битовнит-лабрадоровый плагиоклаз.

Клинопироксен, нередко образующий гломеропорфировые скопления из 4-6 зерен, по составу соответствует высококальциевому авгиту и в ряде случаев салиту. Вкрапленники титаномагнетита в виде квадратиков образуют взаимопрорастающие с клинопироксеном зерна. Отмечаются единичные удлинено-призматические кристаллы роговой обманки и мелкие пластинки биотита. В гиалопилитовой, субинтерсертальной и субдолеритовой основной массе клинопироксена, титаномагнетита и плагиоклаза участвуют анальцитом, калиевый полевой шпат и пластинки биотита.

В петрохимическом отношении породы трахибазальт-трахидолеритового комплекса (табл. 1) соответствуют дифференциатам субщелочной базальтовой серии (рис.). Несмотря на наличие интерстиционного анальцита в модальном составе пород рассматриваемого комплекса отсутствуют такие характерные минералы для щелочных базальтоидных серий, как нефелин, лейцит, эгирин, баркевикит, керсутит и др. В этой связи не насыщенные кремнеземом нефелин-оливин нормативные породы относятся к субщелочной серии (табл. 2). Наряду с ними в составе пород окисное железо заметно преобладает над закисным, в связи с чем и рассчитывается повышенное содержание нормативного магнетита, а в некоторых разновидностях отмечается небольшое содержание нормативного гематита (0,5-6,4%). В целом, породы комплекса в петрохимическом отношении между собой несколько различаются. При этом в плагиоклазовых и анальцитом-клинопироксеновых разностях трахибазальтов отмечается несколько повышенное содержание глинозема (табл. 1). В нормативном и модальном составах эти различия обусловлены заметным преобладанием анальцита и основного плагиоклаза.

В целом, породы рассматриваемого комплекса соответствуют оливин и нефелин нормативному составу субщелочных базальтоидов (табл. 2).

Породы тефрит-тешенитового комплекса в эффузивно-пирокластической фации представлены пикротефритом, меланократовыми и лейкократовыми (анальцитомит) тефритами.

Субщелочные пикротефриты в виде тонкой прослойки (0,5 м) черной окраски сложены оливином, клинопироксеном, баркевикитом,

керсутитом, флогопитом и хромшпинелем. В раскристаллизованной основной массе преобладают короткопризматические зерна клинопироксена, между которыми отмечаются единичные лейсты плагиоклаза, чешуйки биотита и глазки анальцима.

Спорадически встречаются желтовато-бурые призматические выделения баркевикит-керсутита, вкрапленники хризолитового оливина (Fa₁₅₋₁₈) часто замещены иддингсит-боулингитом.

Таблица 1

Химический состав пород трахибазальт-трахидолеритового комплекса Ходжавендского прогиба

№анал. окислы	379	380	388	392	370
SiO ₂	44,15	45,73	47,53	46,50	44,63
TiO ₂	0,56	1,13	0,79	1,06	0,90
Al ₂ O ₃	15,70	14,23	14,63	18,50	14,14
Fe ₂ O ₃	10,75	7,92	7,05	4,71	7,22
FeO	2,44	2,03	2,83	5,01	3,61
MnO	0,12	0,13	0,20	0,20	0,20
MgO	6,18	6,53	8,42	5,20	7,65
CaO	11,25	12,48	10,21	12,26	12,23
Na ₂ O	4,12	3,18	2,86	2,62	4,32
K ₂ O	1,80	2,03	2,40	1,23	1,49
P ₂ O ₅	-	0,42	-	-	0,69
I	2,23	3,75	3,31	2,36	2,69
Σ	99,30	99,56	100,23	99,65	99,74
t°C	980	1020	1140	1140	1140
Info ₂	9.50	10.30	7.51	7.81	7.43
Tc	350	365	340	565	325

379, 380 – анальцим-клинопироксеновый трахибазальт, 388 – клинопироксеновый трахибазальт, 392 – плагиоклазовый трахибазальт, 370 – меланократовый трахидолерит.

Таблица 2

Нормативные минералогические составы пород трахибазальт-трахидолеритового комплекса Ходжавендского прогиба

№анал. норм. минералы	379	380	388	392	370
Ap	-	1,0	-	1,0	1,7
Pl	1,1	2,2	1,5	2,4	1,7
Mt	10,6	3,7	7,4	8,3	9,7
Hm	6,4	2,6	1,9	3,8	0,5
Ab	9,8	12,1	17,7	13,1	10,6
Or	10,6	12,7	13,9	12,2	8,9
An	18,9	18,6	20,0	17,8	14,7
Ne	13,7	8,0	3,5	7,8	14,1
Wo	15,5	17,1	12,8	15,7	17,4
En	13,4	14,8	11,0	13,6	15,1
Fs	-	-	-	-	-
Fo	1,4	1,0	7,0	-	2,8

маломощные полосы черной окраски, которые сложены пикротешенитом. По вертикали они сменяются темно-серыми, серовато-черными меланократовыми и мезократовыми тешенитами. К апикальным частям со светло-серой окраской приурочены лейкократовые тешениты и тешенит-сиениты. Нередко данные дифференцированные интрузивы прорезаны тонкими (4-7 см) светло-серыми анальцимовыми сиенитами.

Пикротешениты характеризуются порфиroidной структурой и раскристаллизованной основной массой. Порфиroidные вкрапленники сложены хризолитом, диопсид-салитом, единичным хромистым магнетитом. В основной массе преобладающими являются тонкие и мелкие призмочки салита, в подчиненном количестве биотит, анальцим, титаномagnetит и плагиоклаз. В составе последующих дифференциатов пластовых интрузивов, которые сложены ритмами снизу вверх мелано-, мезократовыми тешенитами, количество оливина и клинопироксена постепенно уменьшается, а основного плагиоклаза и ксеноморфного анальцима возрастает. В составе лейкократового тешенита и тешенит-сиенита оливин полностью выпадает, а количество салитового и ферросалитового клинопироксенов заметно уменьшается, совместно с интерстиционным анальцимом возрастает калиевый полевой шпат.

Жильный белесовато-серый анальцимовый сиенит содержит более 60% калиевого полевого шпата, содержание андезинового плагиоклаза уменьшается, ферросалитовый клинопироксен, железистый биотит, титанистый керсутит участвуют в подчиненном количестве.

В петрохимическом отношении породы рассматриваемого комплекса относятся к субщелочной и щелочной сериям (рис.). Одним из характерных особенностей пород комплекса является преобладание натрия над калием, закисного железа над окисным (табл. 3).

Меланократовые и лейкократовые тешениты и пикротешениты по сравнению с тешенит-сиенитом более титанистые и недосыщенные кремнеземом (табл. 3). В этой связи пикротефриты в классификационной диаграмме расположены в поле субщелочных ультраосновных пород (рис.). Однако, наличие лабрадор-битовнитового плагиоклаза в основной массе пикротешенита и пикротефрита являются свидетелем принадлежности пород комплекса щелочным и субщелочным габброидам и базальтам.

Минералогические и химические различия пород комплекса выявляются при расчете нормативного состава. Так как они соответствуют нефелин и нефелин-оливин нормативному типам, относятся к дифференциатам щелочной базальтоидной серии (табл. 4).

Из вышеприведенного описания явствует, что породы комплекса характеризуются определенными наборами минеральных парагенезисов, в составе которых участвуют ферро- и хромшпинелиды. Последний в ассоциации с мегакристаллами хромдиопсида и флогопита участвует в составе аккумулятивного включения пикро- и меланотефритов (табл. 5).

Таблица 3

**Химический состав пород тефрит-тешенитового комплекса
Ходжавендского прогиба**

№анал. ОКИСЛЫ	372а	372	375	376	381	399	399а	371
SiO ₂	43,61	46,29	44,41	45,75	46,68	44,52	45,26	45,82
TiO ₂	1,36	0,96	1,03	1,32	1,16	1,36	1,26	1,05
Al ₂ O ₃	12,16	12,22	13,10	13,52	13,86	17,32	17,49	15,0
Fe ₂ O ₃	4,88	6,69	6,77	7,12	7,75	2,00	1,58	7,21
Cr ₂ O ₃	1,66	-	-	-	-	-	-	-
FeO	7,46	4,21	5,33	5,49	5,10	5,39	6,10	4,96
MnO	0,18	0,15	0,19	0,19	0,26	0,13	0,11	0,19
MgO	12,63	8,71	8,30	5,03	6,42	6,87	6,80	6,04
CaO	10,16	13,19	12,06	11,27	10,14	13,37	13,11	11,66
Na ₂ O	1,23	3,61	4,08	4,30	2,70	3,17	3,59	3,43
K ₂ O	0,82	0,89	0,81	2,89	2,11	0,42	0,65	1,35
P ₂ O ₅	0,68	0,39	0,64	-	0,60	0,34	0,25	0,64
I	2,68	2,40	2,64	2,15	3,30	3,73	2,98	2,30
Σ	99,51	99,71	99,36	99,42	100,08	98,62	99,12	99,65

372 – субщелочной пикротефрит, 375 – меланократовый тефрит, 376, 381 – мезократовый тефрит, 371 – лейкократовый тефрит, 399, 399а – тешенит, 372а – аккумулятивное включение.

Таблица 4

**Нормативные минералогические составы пород
тефрит-тешенитового комплекса Ходжавендского прогиба**

№ анализ	372а	372	375	376	381	399	399а	371
норм. минералы								
Ap	1,6	1,0	1,3	-	1,3	0,7	0,7	1,3
Il	2,6	1,8	2,0	2,4	2,1	2,6	2,4	2,0
Mt	9,5	9,7	9,7	10,4	11,1	3,1	2,3	10,4
Hm	-	-	-	-	-	-	-	-
Ab	10,5	17,0	14,2	8,2	23,0	12,5	17,8	19,1
Or	5,0	5,0	5,0	17,3	12,2	2,8	3,9	7,8
An	25,0	14,7	15,0	8,9	19,5	31,7	30,0	21,7
Ne	-	7,2	11,1	15,2	-	7,7	9,7	5,3
Wo	8,8	19,2	17,3	19,6	11,5	13,7	13,7	13,7
En	6,6	16,4	13,5	12,5	9,2	9,2	8,8	10,9
Fs	1,3	0,7	1,8	2,4	0,9	3,4	4,2	1,3
Fo	7,9	3,7	5,1	-	2,7	9,4	5,6	3,0
Fa	1,8	0,2	0,8	-	0,4	2,2	2,7	0,4
En	13,5	-	-	-	2,9	-	-	-
Fs	2,6	-	-	-	0,3	-	-	-

Одиночные мелкие квадратики хромшпинелида нередка с мегакристаллами клинопироксена образуют взаимопрорастающие зерна, а в пикротефритах отмечаются единичные мелкие идиоморфные зерна. По

результатам химического анализа видно, что они больше обогащены магний-хромовым миналом (табл. 5, 6, ан.372 а).

Таблица 5

**Химические анализы хромшпинелидов и титаномагнетитов
тефрит-гешенитового комплекса Ходжавендского прогиба**

№анал.	372а	372	375	376	381	399	399а	371
окислы								
TiO ₂	3,47	2,93	2,60	9,79	10,93	16,59	18,20	4,62
Al ₂ O ₃	12,38	13,87	16,82	10,99	3,24	2,07	1,46	9,68
Fe ₂ O ₃	16,31	17,02	14,47	25,83	44,60	34,56	32,39	57,43
V ₂ O ₃	0,23	0,23	0,26	-	-	-	-	-
Cr ₂ O ₃	34,13	31,40	34,42	13,04	0,01	0,09	0,10	0,72
FeO	23,85	26,59	16,31	31,02	38,77	44,33	46,68	23,17
NiO	0,12	0,12	0,78	-	-	-	-	-
MnO	0,14	0,53	0,28	0,36	0,54	0,98	0,68	0,43
MgO	8,59	7,24	12,60	8,44	1,50	0,84	0,46	3,75
CoO	-	-	0,78	-	-	-	-	-
Σ	99,22	99,93	99,32	99,47	99,59	99,46	99,97	99,80
	1200	1150	995	1180	1040	1198	1200	1070
fO ₂ (атм.)	7,2	5,39	5,68	6,32	5,90	5,90	7,20	6,73
Tc	-	-	-	395	360	260	240	500

Tc – значения рассчитанных точек Кюри.

Таблица 6

**Количество ионов на 4 атома кислорода и минеральный состав
хромшпинелидов и титаномагнетитов**

	372а	372	375	376	381	399	399а	371
Ti	0,087	0,074	0,062	0,250	0,301	0,467	0,512	0,121
Al	0,487	0,552	0,634	0,440	0,140	0,091	0,064	0,397
Cr	0,913	0,839	0,879	0,350	-	0,003	0,003	0,002
V	0,006	0,006	0,006	-	-	-	-	-
Fe ⁺³	0,410	0,433	0,348	0,660	1,393	0,973	0,912	1,502
Fe ⁺²	0,665	0,723	0,436	0,881	1,002	1,388	1,460	0,674
Ni	0,004	0,003	0,020	-	-	-	-	-
Mn	0,004	0,015	0,007	0,010	0,017	0,031	0,022	0,013
Mg	0,428	0,365	0,600	0,427	0,082	0,047	0,026	0,194
Co	-	-	0,022	-	-	-	-	-
Mt	19,6	21,9	19,7	36,5	65,3	47,7	46,0	59,8
Usp	14,1	7,4	6,9	3,0	3,2	44,2	51,2	-
Il	-	-	-	-	25,0	3,5	0,2	5,78
Sp	10,1	10,2	26,2	23,1	6,5	4,6	2,6	15,2
FeAl	13,3	18,6	9,0	16,2	-	-	-	-
FeCr	13,3	16,8	9,0	16,2	-	-	-	-
MgCr	29,7	25,1	29,2	5,0	-	-	-	-
Hm	-	-	-	-	-	-	-	15,6

Индексы миналов:

Mt - агнетит, Il - ильменит, Usp - ульвошпинель, Sp - собственный шпинель, FeAl – герценит, FeCr – феррохромит, MgCr - магний-хромит, Hm – гематит.

В составе меланократового тефрита количество мелких выделений хромшпинелида заметно увеличивается и они в виде включений приурочены к порфирировым вкрапленникам клинопироксена. Они здесь также, как предыдущие больше обогащены магний-хромовым миналом ($MgCr_2O_4=25-29$). В отличие от вышеописанных разновидностей хромшпинелида как и, предыдущий в виде включений захвачен вкрапленником клинопироксена (табл. 6, ан. 376). Наряду с ними отмечаются более крупные и ясно ограненные выделения титаномагнетита, которые в большинстве случаев с вкрапленниками клинопироксена образуют взаимопрорастающие зерна. В отличие от раннеописанных разновидностей зерен титаномагнетита они менее глиноземистые (табл. 5, ан. 381). Соответственно, при расчете минального составляющего заметно возрастают магнетитовые ($FeO \cdot Fe_2O_3=65,3$) и ильменитовые ($FeTiO_3=25,0$) молекулы (табл. 6).

В составе лейкократового тефрита содержание титаномагнетита заметно уменьшается, и образует каплеобразные зерна. По химическому составу (табл. 5, ан. 371) они больше обогащены магнием, глиноземом и окисным железом. Параметр элементарной ячейки соответствует $8,386 \text{ \AA}$. В минальном составе преобладают (табл. 6, ан. 371) магнетитовые ($FeO \cdot Fe_2O_3=60\%$), собственно шпинелевые ($MgAl_2O_4=15,2\%$) и гематитовые ($Fe_2O_3=15,6\%$) молекулы.

Хромшпинелиды, участвующие в составе пород тешенитовых интрузивов, заметно отличаются от аналогичных шпинелидов пород эффузивной фации.

При этом участвующий в составе пикротешенитов хромистый магнетит образует мелкие квадратики, а в составе собственных тешенитов они образуют достаточно крупные каплеобразные не четкоограненные, в ряде случаев октаэдрические выделения. Тесно ассоциируют с салитом и дигидрид-салитом.

По данным химического анализа (табл. 5, ан. 399, 399а) они содержат от 44,2% до 51,2% ульвошпинелевого минала.

В лейкократовых тешенитах, тешенит-сиенитах содержание титаномагнетитов резко уменьшается, и они образуют ксеноморфные выделения. По данным дифрактометрического анализа они соответствуют маггемиту ($8,367 \text{ \AA}$).

Все вышеустановленные особенности хромшпинелидов, титаномагнетитов подтверждаются микроэлементным составом. При этом хромшпинелиды, характеризующие стадии кристаллизации субщелочного пикритового расплава, имевшие место в более глубинном промежуточном очаге, в достаточной мере обогащались собственно шпинелевыми и герцинитовыми (табл. 6, ан. 372, 372 а) миналами. В относительно менее глубинном промежуточном очаге увеличение водяных паров среди летучих компонентов явилось причиной задержки кристаллизации плагиоклаза. В этой связи минералообразующие компоненты растворяются в

составе хромшпинелида, феррошпинелида, а также клинопироксена. Поэтому во всех тефритах плагиоклаз в качестве вкрапленника не кристаллизовался. В этой связи плагиоклаз в виде лейст или же микролита в основной массе тефритов обтекает вкрапленники клинопироксена. В отличие от тефритов в тешенитах плагиоклаз кристаллизовался совместно с клинопироксеном. Именно данное условие благоприятствовало обеднению титаномагнетита собственно шпинелевым миналом.

Титаномагнетиты в породах трахибазальт-трахидолеритового комплекса между собой несколько различаются. Анальцим-клинопироксеновые трахибазальты (табл. 7, ан.379, 380) больше обогащены глиноземом и магнием. Здесь они по составу соответствуют умеренно-титанистому маггемиту ($Mt_{61}Pl_{23-25}Sp_{7,4-15}Hm_{0,8-7}$) (табл. 8). Каплеобразные зерна титаномаггемита в большинстве случаев срastaются с вкрапленниками клинопироксена. Судя по последовательности кристаллизации здесь титаномаггемит кристаллизовался совместно с высококальциевым авгитом. Согласно клинопироксеновому барометру Нимса (Nimis et al., 1999), а также сходного изоморфизма с вкрапленниками плагиоклаза и клинопироксена, здесь титаномаггемит при сопровождении водного флюида кристаллизовался при низкobarных условиях. В плагиоклазовых и клинопироксеновых трахибазальтах титаномаггемит в ряде случаев имеет октаэдрический габитус, и одновременно он по краям врastaет к клинопироксену. По-видимому, здесь также как и в предыдущей разности выделение титаномаггемита происходило несколько раньше, чем клинопироксена и плагиоклаза.

Таблица 7

Химические анализы титаномагнетитов трахибазальт-трахидолеритового комплекса Ходжавендского прогиба

№анал. окислы	379	380	388	392	370
TiO ₂	10,20	9,36	11,76	0,81	12,14
Al ₂ O ₃	7,60	8,31	4,36	0,59	4,89
Fe ₂ O ₃	47,97	48,71	46,66	63,72	44,24
Cr ₂ O ₃	1,19	0,01	0,01	-	0,22
FeO	31,48	30,61	34,15	34,40	33,88
MnO	0,04	0,03	0,04	0,31	0,61
MgO	1,52	2,96	2,56	0,21	3,91
Σ	100,0	99,99	99,54	99,72	99,90

Содержание титаномаггемита в составе трахидолеритов заметно возрастает. Крупные ясноограненные квадратики титаномагнетита сравнительно меньше обогащены глиноземом (Al₂O₃=4,89%) (табл. 7, ан. 370). При расчете минального состава титаномагнетита устанавливается сравнительно меньшее содержание магнетитового минала (Fe₃O₄=58,2), несколько возрастающие ульвошпинелевого (2FeO·TiO₂=20,6), ильменитового (FeO·TiO₂=11,1) и собственно шпинелевого (MgAl₂O₄) составляюще-

го (табл. 8, ан. 370). Вместе с тем, во всех разновидностях пород трахибазальт-трахидолеритового комплекса в достаточном количестве отмечаются вторичные бесформенные маггемиты и гидроокислы железа. Очевидно, этим обусловлено преобладание окисного железа над закисным в химическом составе пород рассматриваемого комплекса (табл. 7).

Таблица 8

**Количество ионов на 4 атомов кислорода и
минальный состав титаномагнетитов**

	379	380	388	392	370
Ti	0,272	0,247	0,320	0,023	0,327
Al	0,317	0,344	0,186	0,027	0,206
Fe ⁺³	1,278	1,289	1,271	1,980	1,192
Cr	0,033	-	-	-	0,006
Fe ⁺²	0,932	0,900	1,034	0,922	1,014
Mn	0,001	-	0,001	0,010	0,018
Mg	0,080	0,155	0,138	0,012	0,209
Mt	60,9	61,3	60,7	87,6	58,2
Usp	-	-	11,8	-	20,6
Il	25,0	23,3	18,6	2,3	11,1
Sp	7,4	14,6	8,9	1,1	12,1
Hm	6,7	0,8	-	9,0	-

Индексы миналов:

Mt - агнетит, Il - ильменит, Usp - ульвошпинель, Sp - собственный шпинель, Hm – гематит.

В геохимическом плане хромшпинелиды и ферри-титаноксидные минералы (табл. 9) тефрит-тешенитового комплекса также характеризуют направление эволюции субщелочного пикритового расплава, обусловленного кристаллизационной дифференциацией. При этом хромшпинелиды в составе аккумулятивного включения пикротефрита и субщелочного пикро- и меланотефритов сравнительно больше обогащены никелем и кобальтом.

Таблица 9

**Микроэлементный состав хромшпинелидов и титаномагнетитов
тефрит-тешенитового комплекса (г/т)**

	372a	372	375	376	381	371	399a	399
Cu	130	140	143	80	60	150	53	40
Zn	70	72	74	68	150	250	150	160
Cr	22.9%	21.07%	23.01	8,75%	800	400	800	780
Ti	2.08%	1.76%	1.56	5.87	6.55	2.77	10.9%	9.90%
Ni	720	840	880	650	320	280	250	240
Co	570	580	538	450	440	160	230	220
V	370	380	375	310	170	160	540	420

Остальные минералообразующие элементы (Cu, Zn, Ti, V) в составе хромшпинелидов почти равномерно распределены. Смена хромшпинелида с хромистым титаномагнетитом и титаномаггемитом приводит к уменьшению содержания цинка, меди, никеля, кобальта и хрома (табл. 9, ан. 376, 371, 381) и возрастанию титана. Титаномагнетиты в составе мелано- и мезократового тешенита больше обогащены кобальтом, ванадием и никелем (табл. 9, ан. 399а, 399).

Титан и сопутствующие с ним микроэлементы в составе титаномагнетитов и титаномаггемитов трахибазальт-трахидолеритового комплекса распределены почти равномерно (табл. 10).

Отмеченное количественное поведение этих элементов также является показателем наличия кристаллизационной дифференциации в процессе эволюции субщелочного пикритового расплава. Так, в более глубинном промежуточном очаге происходили осаждение и кристаллизация аккумулятивных включений мегакристаллов флогопита, клинопироксена и совместно с ними мелких кристалликов хромшпинелида ($t=1200-1270$, $P=7.5-9$ кбар, $f_{O_2}=-7.2$ атм.) (Sack et al., 1980).

Таблица 10

Микроэлементный состав титаномагнетитов пород трахибазальт-трахидолеритового комплекса

	379	380	388	392	370
Cu	40	40	50	60	80
Zn	110	100	90	100	100
Cr	720	860	840	300	730
Ti	6.11	5.61	7.05	4856	728
Ni	60	80	90	250	310
Co	120	130	100	220	320
V	340	370	380	380	800

После осаждения вышеотмеченных минералов отфракционированный расплав с незначительными остатками хромшпинелида, хромистого диопсида и др. поднимается к следующему промежуточному очагу. Здесь хромистый диопсид сменяется диопсид-салитом и салитом, хромшпинель – хромистым титаномагнетитом ($T_c=395^\circ\text{C}$), титаномаггемитом ($T_c=460^\circ\text{C}$) и умеренно-глиноземистым титаномагнетитом ($T_c=360^\circ\text{C}$), флогопит - магнезиальным биотитом и биотитом. Изредка между хромистым диопсидом и диопсид-салитом отмечается тонкая дискретная кайма. По-видимому, при подъеме остаточного расплава к следующему промежуточному очагу, процесс кристаллизации несколько задерживался, в результате чего между генерациями клинопироксенов образовалась тонкая дискретная кайма. В отличие от более глубинного промежуточного очага здесь процесс кристаллизации происходил в более окислительной ($\lg f_{O_2}=-5.39-5.90$ атм.) и менее глубинном ($P=3-5$ кбар) и температурном ($t=950-1180^\circ\text{C}$) условиях.

В интрузивной камере процесс кристаллизации при потере летучих компонентов происходил в близповерхностных условиях ($t=890-1100^{\circ}\text{C}$, $\lg f_{\text{O}_2}=-5.90-7.20$ атм., $P=3.2-4.0$ кбар, $T_c=240-260^{\circ}\text{C}$). В отличие от пород эффузивной фации, в составе дифференциатов тешенитовых интрузивов более ранняя кристаллизация плагиоклаза фактически ограничила обогащение клинопироксена чермакитовыми ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$, $\text{CaTiAl}_2\text{O}_6$), а феррошпинелиды собственно шпинелевыми ($\text{MgAl}_2\text{O}_4=2.6-4.6\%$) молекулами. В этой связи, основным концентратором и носителем титана явился ульвошпинелевый титаномагнетит ($2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2=44,2-51,2\%$).

В породах трахибазальт-трахидолеритового комплекса феррошпинелиды сложены умеренно-титанистым магнетитом, маггемитом. Титаномагнетит, участвующий в составе клинопироксенового трахибазальта и меланократового трахидолерита (табл. 8, 388, 370) более гомогенный и однородный ($2\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2=11,8-20,6\%$, $T_c=325-340^{\circ}\text{C}$, $t=1140^{\circ}\text{C}$, $\lg f_{\text{O}_2}=-7.43-7.51$ атм.). В плагиоклазовых анальцимовых разностях трахибазальтов титаномагнетит в той или иной степени подвергнут вторичному изменению. В этой связи рассчитывается гематитовый минал ($\text{Fe}_2\text{O}_3=0,8-9,0\%$), т.е. они относятся катион-дефицитному типу титаномаггемитов.

Если не учесть вторичное переобразование титаномагнетитов в составе пород отмеченного комплекса, то можно отметить, что кристаллизация исходного расплава данного комплекса происходила при потере летучих компонентов выше никель-бузенитового буфера ($\lg f_{\text{O}_2}=-7.43-10,3$ атм.).

Таким образом, выявленные характерные особенности титаномагнетитов показывают, что исходный расплав при частичной потере летучих компонентов существенно не подвергался гравитационной кристаллизационной дифференциации.

Выявленные особенности ферро- и хромшпинелидов трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов указывают на то, что исходные расплавы этих комплексов расплавились из единой метасоматизированной мантии.

В начальной стадии из метасоматизированной мантии расплавлялся субщелочной оливин-базальтовый расплав, который в ранней стадии прогиба Ходжавендского прогиба не подвергался существенной дифференциации. Поэтому феррошпинелиды в составе дифференциатов трахибазальт-трахидолеритового комплекса характеризуются однородным строением.

В отличие от предыдущего ферро- и хромшпинелиды в составе пород тефрит-тешенитового комплекса кристаллизовались в разноглубинных промежуточных очагах и в интрузивной камере.

Причем хромшпинели в ассоциации с хромистым диопсидом и флогопитом ближе к никель-бузенитовому буферу кристаллизовались в сравнительно более глубинном промежуточном очаге.

Сравнительно в менее глубинном промежуточном очаге, несколько выше никель-бунзенитового буфера, умеренно-глиноземистый и титанистый магнетит кристаллизовался несколько раньше клинопироксена. В этой связи при задержке кристаллизации основного плагиоклаза его компоненты, в частности кальций и глинозем растворяются в составе титаномагнетитов в виде собственно-шпинелевого, а в клинопироксене - кальций чермакитового миналов.

В интрузивной камере при частичной потере летучих компонентов плагиоклаз, клинопироксен и титаномагнетит кристаллизовались в условиях ближе к никель-бунзенитовому буферу. Поэтому здесь титаномагнетиты менее обогащены собственно-шпинелевыми ($MgAl_2O_4$) миналами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев А.Г., Остроумова А.С., Центр И.Я., Шафиев Х.И. Эпилейцитовые тефриты верхнемелового вулканического комплекса Мартунинского синклинория (Южный Карабах). Бюлл. МОИП. Отд. геол., 1989, 64, 3, с.86-96.
2. Ахундов Ф.А. Позднемеловые вулканические формации Малого Кавказа. Баку, 2003, 232 с.
3. Babayeva G.C., Məmmədov M.N., Sadiqov N.M. Xocavənd sinklinorisinin traxibazalt-traxidolerit və tefrit-teşenit komplekslərinin ilkin ərintilərinin təkamülünün geokimyəvi xüsusiyyətləri. «Geologiyanın aktual problemləri» mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, s.80-83.
4. Карякин Ю.В. Геодинамика формирования вулканических комплексов Малого Кавказа. М.: Наука, 1989, 150 с.
5. Мамедов М.Н., Бабаева Г.Д., Керимов В.М. Минеральные парагенезисы и стадийность кристаллизации позднемеловых магматических комплексов Малого Кавказа. Вестник Бакинского Университета, сер. естественных наук, №2, 2008, с.131-138.
6. Мамедов М.Н., Бабаева Г.Д., Керимов В.М. Петрология тешенитов и ассоциирующих с ними щелочных пикритов Карпатского и Кавказского регионов. Geochemistry of Magmatic Rocks - School «Geochemistry of Alkaline Rocks». М.: 2009, www.geo.web.ru/conf/alkaline/
7. Мамедов М.Н., Бабаева Г.Д., Садыгов Н.М. Клинопироксены трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба. Отечественная геология, 6, 2012, с.48-55.
8. Мамедов М.Н., Бабаева Г.Д., Садыгов Н.М. Минеральные парагенезисы трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба Малого Кавказа. АМЕА Хəбərləg. Yer elmləri. №2, 2013, с.26-36.
9. Ренгартен В.П. Стратиграфия меловых отложений Малого Кавказа. Региональная стратиграфия СССР, 6, М., 1959, 540 с.
10. Шихалибейли Э.Ш., Абдуллаев Р.Н. Геология и полезные ископаемые Нагорного Карабаха Азербайджана. Баку: Элм, 1994, 284 с.
11. Le Bas M.J., Le Mitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B.A. Chemical Classification of Volcanic Rocks based on the Total Alkali-Silica (TAS) Diagram. Petrology, 1986, 27, pp. 745-750.
12. Nimis P., Ulmer P. Clinopyroxene Geobarometry of Magmatic Rocks. Part 2. Structural Geobarometers for Basic to Acid, Tholeiitic and Mildly Alkaline Magmatic Systems. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1999, 135, pp. 62-74.
13. Sack R.O., Carmichael I.S., Rivers S.E., Ghiorso M.S. Ferric-Ferrous Equilibria in Natural Silicate Liquids at 1 bar. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1980, 75, pp. 369-376.

**KİÇİK QAFQAZIN XOCAVƏND SINKLINORİSİNİN TRAXİBAZALT-
TRAXİDOLERİT VƏ TEFRİT-TEŞENİT KOMPLEKSLƏRİ SÜXURLARININ
KRİSTALLAŞMASI PROSESİNDƏ ŞİNELİDLƏRİN PETROGENETİK MAHİYYƏTİ**

G.C.BABAYEVA, M.N.MƏMMƏDOV, N.M.SADIQOV

XÜLASƏ

Məqalədə Xocavənd sinklinorisinin traxibazalt-traxidolerit və tefrit-teşenit kompleksləri süxurlarının kristallaşma şəraitlərinin araşdırılması məqsədi ilə ferro- və xromşpinelidlərin tipomorf xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, xromşpinel xromdiopsid və floqopitlə assosiasiyada dərin aralıq maqmatik otaqda kristallaşmışdır. Tərkibə subqələvi pikrit maqmasının növbəti payına uyğun gələn qalığ tefrit ərintisi oksidləşdirici şəraitin müşayiəti ilə az dərinlikli maqmatik ocaqda əmələ gəlmişdir. İntruziv kamerada gedən kristallaşma prosesi uçucuların itirilməsi və kristallaşma diferensiasiyasının nəzarəti ilə baş vermişdir. Traxibazalt-traxidolerit kompleksinin süxurları nisbətən az dərinlikli aralıq ocaqlarda kristallaşmışdır.

Açar sözlər: tefrit, teşenit, traxibazalt, xromşpinel, floqopit, xromdiopsid, Xocavənd sinklinorisi

**PETROGENETIC VALUE OF SPINELIDS DURING ROCK CRYSTALLIZATION
OF THE TRACHYBASALT-TRACHYDOLERITE AND TEPHRITE-TESCHENITE
COMPLEXES OF KHODJAVEND TROUGH OF THE LESSER CAUCASUS**

G.J.BABAYEVA, M.N.MAMMADOV, N.M.SADIGOV

SUMMARY

The characteristic features of ferro- and chromespinelids for determination of the rock crystallisation conditions of the trachybasalt-trachydolerite and tephrite-teschenite complexes of the Khodjavend trough are studied in the article.

It was defined that chromespinel in association with chrome-diopside and phlogopite crystallized in less deep intermediate focus. Tephrite residual melt corresponding to the next portion of the subalkaline picrite magma according to its composition, accompanied by more oxidizing condition, crystallized in less deep focus. The crystallization process in intrusive chamber occurred at a partial loss of volatile components and crystallization differentiation. The rocks of the trachybasalt-trachydolerite complex crystallized in less deep intermediate focus.

Key words: tephrite, teschenite, trachybasalt, Khodjavend trough, chromespinel, phlogopite, chromediopside

Поступило в редакцию: 17.09.2013 г.

Подписано к печати: 28.10.2013 г.