

© М.Н.Мамедов, Г.Дж.Бабаева, Н.М.Садыгов, 2013

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ ТРАХИБАЗАЛЬТ-ТРАХИДОЛЕРИТОВОГО И ТЕФРИТ-ТЕШЕНИТОВОГО КОМПЛЕКСОВ ХОДЖАВЕНДСКОГО ПРОГИБА МАЛОГО КAVKAZa

М.Н.Мамедов, Г.Дж.Бабаева, Н.М.Садыгов

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В статье рассматриваются условия кристаллизации минеральных парагенезисов трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба. Выделенные минеральные парагенезисы характеризуют стадийность кристаллизации исходных расплавов рассматриваемых комплексов. Установлено, что в наиболее высокотемпературных условиях кристаллизовались аккумулятивные мегакристалльные включения субщелочного пикритового расплава. В менее глубинном промежуточном очаге при сопровождении водного флюида кристаллизовались минеральные парагенезисы порфирового поколения минералов эффузивной фации тефрит-тешенитового комплекса. Минеральные парагенезисы интрузивной фации отмеченного комплекса формировались в гипабиссальных условиях при сопровождении кристаллизационно-гравитационной дифференциации. В минеральном парагенезисе трахибазальт-трахидолеритового комплекса минералы по составу, структурно-оптическому типу, а также последовательности кристаллизации между собой почти сходны. Поэтому кристаллизация данного парагенезиса при осушке летучих компонентов и кристаллизационной дифференциации происходила в неглубоком промежуточном очаге.

Минеральные парагенезисы, участвующие непосредственно в процессах плавления верхнемантийного субстрата и стадийности кристаллизации отделившегося расплава в разноглубинных промежуточных очагах и интрузивной камере, представляют собой наиболее объективный источник генетической информации. Наряду с этим они фактически характеризуют эволюционное преобразование первичных расплавов, контролируемых различными геолого-геодинамическими и физико-химическими условиями. С целью выявления отмеченных особенностей минеральных парагенезисов наиболее приемлемым объектом могут быть дифференциаты трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов. Эти комплексы в пределах Ходжавендского прогиба в разное время изучались А.Н.Соловкиным (1945), В.П.Ренгартеном (1959), Ф.А.Ахундовым (2003), Р.Н.Абдуллаевым и М.А.Мустафаевым (1995), А.Г.Авдеевым и др. (1989), Ю.В.Карякиным (1989), Э.Ш.Шихалибейли и Р.Н.Абдуллаевым (1994), М.Н.Мамедовым и др. (1999, 2000, 2009, 2012).

В данной статье при определении стадийности и условий кристаллизации, а также эволюционного преобразования исход-

ных расплавов трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба сделана попытка выявления индикаторных значений минеральных парагенезисов.

На основе петрографического и петрогеохимического составов вышеупомянутые комплексы нами выделяются впервые.

Ходжавендский прогиб расположен на южном окончании Агдамского и северном – Гарабагского антиклинориев и выполнен верхнеюрскими и меловыми отложениями (Шихалибейли, Абдуллаев, 1994).

Верхнеюрские и раннемеловые отложения распространены на юго-западной и северо-западной окраинах, а верхнемеловые вулканогенные и осадочные комплексы – в осевой зоне прогиба.

Лава-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, туфоконгломератов.

Вулканы тешенитового комплекса развиты в осевой зоне прогиба и соответствуют позднему подэтапу сантонского вулка-

низма. Среди фациальных разновидностей рассматриваемого комплекса преобладающими являются лавовые потоки тефритов. Вулканические брекчии, конгломераты, 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 селения Гавахан согласно простиранию лавовых потоков ориентированы в субширотном направлении.

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 титаномagnetитом, роговой обманкой и биотитом. Анальцит в виде мелких глазков участвует в основной массе анальцит-клинопироксенового трахибазальта.

Среди порфировых поколений трахибазальт-трахидолеритового комплекса наиболее идиоморфным является гиалосидерит-хризолитовый оливин, замещенный серпентином, иддингсит-боулингом и в ряде случаев кальцитом, хлоритом, гидроокислом железа. Изредка между шнурами сохранились свежие остатки оливина. По данным дифрактометрического анализа содержание фаялитового минала ($d_{hkl130}=2,781-2,786\text{\AA}$) колеблется от 26% до 30%.

По последовательности кристаллизации последующим представителем порфировых поколений минералов является битовнит-лабрадорный плагиоклаз и клинопироксен, нередко образующий гломеропорфировые скопления, состоящие из 4-6 зерен. По составу они соответствуют высококальциевому авгиту и салиту.

Отмечаются единичные удлиненно-призматические кристаллы роговой обманки и мелкие пластинки биотита. В гиалоплитовой субинтерсергальной и субдолеритовой основной массе, помимо клинопироксена, титаномagnetита и плагиоклаза, участвуют анальцит, калиевый полевой шпат и пластинки биотита.

В петрохимическом отношении породы трахибазальт-трахидолеритового комплекса

(табл. 1) соответствуют дифференциатам субщелочной серии (рис. 1). Породы комплекса не насыщены кремнеземом, т.е. оливин и нефелин нормативные (табл. 2). Отмечается преобладание окисного железа над закисным, в связи с чем наблюдается повышенное содержание нормативного магнетита (табл. 2), а в некоторых разновидностях пород комплекса отмечается небольшое содержание нормативного гематита (0,5-3,8%). Наряду с ними в составе плагиоклазовых разновидностей трахибазальтов наблюдается сравнительно несколько повышенное содержание глинозема (табл. 1, ан. 385, 392), в нормативном составе преобладает анортитовая составляющая (25,6-34,8%).

В целом породы рассматриваемого комплекса (табл. 2) соответствуют оливин- и нефелин-нормативным типам щелочных и субщелочных базальтоидов.

Породы тефрит-тешенитового комплекса в эффузивно-пирокластической фации представлены пикротефритом, меланократовым и лейкократовым (анальцитом) тефритами.

Субщелочные пикротефриты в виде тонкой прослойки (0,5 м) черной окраски приурочены к нижней части лавового потока. Порфировые вкрапленники пикротефритов сложены оливином, клинопироксеном, баркевикит-керсутитом, флогопитом и хромшпинелью. В составе основной массы преобладают короткопризматические зерна клинопироксена, между которыми отмечаются единичные лейсты плагиоклаза, чешуйки биотита и глазки анальцита. Спорадически встречаются желтовато-бурые призматические выделения баркевикит-керсутита.

Вкрапленники хризолитового оливина ($Fa_{15,2-18,0}$) нередко замещены иддингсит-боулингом.

Призматические (0,5x2,0 см) вкрапленники клинопироксенов в центральных частях зональных кристаллов соответствуют хромдиопсиду, а в краевых — диопсиду и диопсид-салиту.

Флогопит, баркевикит и керсутит участвуют в небольшом количестве. Хромшпинель приурочена к вкрапленникам клинопироксена. В полнокристаллической основной массе преобладает салит, отмечаются глазки анальцита и лейсты плагиоклаза. Субщелочные пикротефриты в мощных лавовых потоках по вертикали сменяются меланократовыми, мезократовыми и лейкократовыми (анальцитом) тефритами.

Таблица 1

Химические составы пород трахибазальт-трахидолеритового комплекса
Ходжавендского прогиба

№ образцов компоненты	388	391	382	383	385	392	370	373
SiO ₂	47,53	49,0	44,10	46,82	47,12	46,50	44,63	44,64
TiO ₂	0,79	0,53	1,27	1,02	1,00	1,06	0,90	0,94
Al ₂ O ₃	14,63	12,80	14,02	13,26	17,58	18,50	14,14	15,65
Fe ₂ O ₃	7,05	2,72	9,39	8,10	5,55	4,71	7,22	6,63
FeO	2,83	4,63	3,62	3,41	4,53	5,01	3,61	3,75
MnO	0,20	0,13	0,18	0,22	0,13	0,20	0,20	0,20
MgO	8,42	9,54	5,44	6,15	6,94	5,20	7,65	6,55
CaO	10,2	11,42	11,66	12,19	9,65	12,26	12,23	10,56
Na ₂ O	2,86	2,46	3,26	3,41	4,16	2,62	4,32	3,96
K ₂ O	2,40	2,07	2,04	2,77	1,20	1,23	1,49	2,69
P ₂ O ₅	-	-	0,38	0,20	-	-	0,69	0,58
I	3,31	3,75	3,84	2,64	2,36	2,36	2,69	3,46
Σ	100,23	99,05	99,17	100,19	100,22	99,65	99,74	99,61

Образцы №№ 388, 391 – клинопироксеновые трахибазальты, 382, 383 – клинопироксен-плагиоклазовые трахибазальты, 385, 392 – плагиоклазовые трахибазальты, 370 – меланократовый трахидолерит, 373 – лейкократовый трахидолерит.

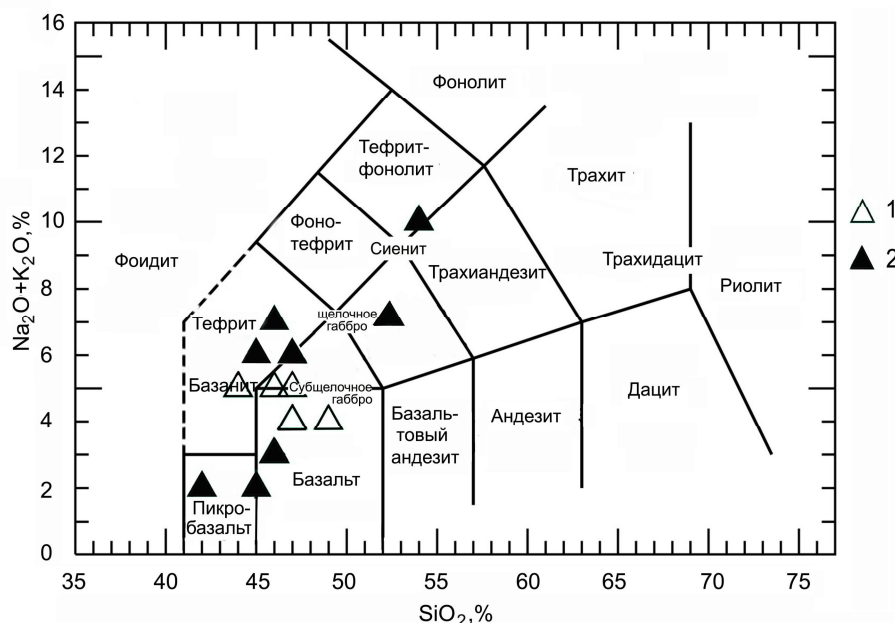
Таблица 2

Нормативно-минералогический состав пород трахибазальт-трахидолеритового
комплекса Ходжавендского прогиба

№ образцов нормативные минералы	388	391	382	383	385	392	370	373
Ap	-	-	1,0	0,3	-	-	1,7	1,3
Il	1,5	1,1	2,4	2,0	1,8	2,0	1,7	1,7
Mt	7,4	3,9	8,3	8,6	8,1	6,7	9,7	9,5
Or	13,9	12,2	12,2	16,1	7,2	7,8	8,9	16,1
Ab	17,7	16,8	12,6	11,0	22,7	17,8	10,6	8,4
An	20,0	17,8	17,5	12,8	25,6	34,8	14,7	16,7
Ne	3,5	2,3	8,2	8,2	6,7	2,3	14,1	13,6
Wo	12,8	16,8	15,8	19,5	9,3	10,8	17,4	13,2
En	11,0	11,7	13,6	15,2	8,0	7,5	15,1	11,4
Fs	-	2,9	-	-	1,1	2,4	-	0,3
Fo	7,0	8,3	0,3	-	7,0	3,8	2,8	3,4
Fa	-	2,2	-	-	1,0	1,4	-	0,2
Hm	1,9		3,8	2,1	-	-	0,5	-

Порфиновые вкрапленники меланократовых и мезократовых тефритов сложены в сравнительно меньшем количестве оливином, диопсид-салитом, салитом и в подчиненном – хромистым, глиноземистым, умереннотитанистым магнетитом, а также керсутит-барке-

викитом и магнезиальным биотитом. В пилотаксит-оцелляртовой основной массе установлены микролиты и лейсты плагиоклаза, клинопироксен, точечные выделения магнетита и глазки анальцима.



Классификационная диаграмма $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})\text{-SiO}_2$ (TAS) (Le Bas et al., 1986) для пород тешенит-тефритового, трахибазальт-трахидолеритового комплексов. Условные обозначения: 1 – породы трахибазальт-трахидолеритового, 2 – породы тефрит-тешенитового комплексов.

В лейкократовых тефритах вкрапленники оливина, хромистого магнетита и диопсида выпадают и в оцеляровой основной массе преобладают глазки анальцима, которые содержат короткоигольчатые включения калиевого полевого шпата. Изредка в лавобрекчиях тефритов обнаружены достаточно крупные мегакристаллы хромистого диопсида и флогопита. Породы интрузивов сложены пикро-, мелано-, мезократовыми тешенитами и анальцимовыми сиенитами. Тешенитовые интрузивы в большинстве случаев дифференцированы. При этом в подошвенных частях Тугского и других пластовых интрузивов развиты маломощные полосы черной окраски, которые сложены пикротешенитом. По вертикали они сменяются серовато-черными, темно-серыми меланократовыми и мезократовыми тешенитами. К апикальным частям со светло-серой окраской приурочены лейкократовые тешениты и тешенит-сиениты. Нередко данные дифференцированных интрузивов рассечены тонкими прожилками (4-7 см) светло-серых анальцимовых сиенитов.

Пикротешениты характеризуются порфировидной структурой и раскристаллизованной основной массой. Вкрапленники сло-

жены хризолитом, диопсид-салитом и единичным хромистым магнетитом. В основной массе преобладающими являются тонкие и мелкие призмочки салита, в подчиненном количестве отмечаются баркевикит-керсутитовый амфибол, магнезиальный биотит, анальцим, титаномagnetит и плагиоклаз.

В составе лейкократового тешенита и тешенит-сиенита оливин полностью выпадает, а количество салитового и ферросалитового клинопироксенов заметно уменьшается, совместно с интерстиционным анальцимом возрастает и количество калиевого полевого шпата.

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.

Из приведенного описания видно, что большинство интрузивов характеризуются дифференцированным строением. При этом начиная от подошвенной части интрузивов к апикальной — постепенно уменьшается меланократовость и возрастает лейкократовость. В этой связи за исключением анальцимового

сиенита все породы интрузивов взаимопереходящие, что, по-видимому, обусловлено внутрикамерной дифференциацией. Анальцимовый сиенит, как дискретная фаза тешенитовых интрузивов, характеризует состав остаточного расплава.

В петрохимическом отношении породы описываемых интрузивов относятся к субщелочной и щелочной сериям (рис. 1). Одной из характерных особенностей пород комплекса является преобладание содержаний натрия над калием, закисного железа над окисным. Меланократовые, мезократовые, лейкократоровые тешениты и пикротешениты по сравнению с тешенит-сиенитом и анальцимовым сиенитом более титанистые ($TiO_2=1,36-2,22\%$). В целом породы комплекса недосыщены кремнеземом. В этой связи пикротешениты и меланотешениты по содержанию кремнезема соответствуют субщелочным ультраосновным породам (табл. 3).

Однако наличие лабрадор-битовнитового плагиоклаза в составе меланократового тешенита, а также основной массы пикротешенита являются свидетельством принадлежности пород комплекса к щелочным и субщелочным габброидам.

Отмеченные различия химического состава пород комплекса выявляются при расчете нормативной минералогической составляющей. При этом породы комплекса нефелин- и оливин-нормативные, т.е. соответствуют щелочным сериям (табл. 4).

Из вышеприведенного видно, что описанные петрографические типы пород рассматриваемых комплексов характеризуются определенным набором минеральных парагенезисов, соответствующих различным стадиям кристаллизации субщелочных трахибазальтов и субщелочных пикритов, имевшей место в разноточных промежуточных очагах, а также в интрузивной камере. В составе дифференциатов отмеченных расплавов по степени идиоморфизма, последовательности кристаллизации, а также структурному состоянию различаются аккумулятивные, порфировые, внутрикамерные и позднемагматические минеральные парагенезисы.

Аккумулятивные минеральные парагенезисы как наиболее ранние кристаллические фазы тефрит-тешенитового комплекса сложены мегакристаллами хромдиоксида (0,5х2,0 см), хромистого флогопита (1,5 см) и хромшпинели.

Таблица 3

Химические составы пород тефрит-тешенитового комплекса
Ходжавендского прогиба

компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	42,30	45,22	46,55	47,20	52,25	54,86	46,29	45,75	46,59
TiO ₂	1,38	1,36	1,70	2,22	0,86	0,47	0,96	1,32	1,37
Al ₂ O ₃	15,20	16,04	16,15	18,92	17,62	16,64	12,22	13,52	13,23
Fe ₂ O ₃	3,57	3,30	2,73	3,83	2,21	2,83	6,69	7,12	7,64
FeO	7,28	5,76	8,61	5,60	3,75	2,70	4,21	5,49	3,90
MnO	0,18	0,12	0,18	0,16	0,14	0,14	0,15	0,19	0,16
MgO	11,78	8,96	5,44	3,05	3,25	2,68	8,71	5,03	5,84
CaO	9,82	12,33	11,16	7,86	9,12	3,86	13,19	11,27	10,37
Na ₂ O	2,79	2,91	3,60	4,45	4,41	5,24	3,61	4,30	3,99
K ₂ O	0,44	0,68	0,75	2,80	3,86	5,43	0,89	2,89	4,23
P ₂ O ₅	0,25	0,56	0,25	0,69	0,50	0,12	0,39	-	-
ппп	4,43	2,75	2,30	3,06	1,24	4,39	2,40	2,57	2,21
Σ	99,50	99,99	99,42	99,84	99,21	99,39	99,71	99,45	99,52

1 – пикротешенит, 2 – меланотешенит, 3 – мезотешенит, 4 – лейкотешенит, 5 – сиенит-тешенит, 6 – анальцимовый сиенит, 7 – пикротефрит, 8 – тефрит, 9 – лейкотефрит

Таблица 4

Нормативно-минералогический состав пород тефрит-тешенитового комплекса
Ходжавендского прогиба

нормативные минералы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ap	0,6	1,3	0,7	1,7	1,0	0,3	1,0	-	-
Il	2,6	2,6	3,2	4,3	1,7	0,9	1,8	2,4	2,6
Mt	5,1	4,8	3,9	5,6	3,2	4,2	9,7	10,4	9,0
Or	2,8	3,9	4,5	16,7	23,4	32,3	5,0	17,3	25,0
Ab	3,5	15,9	21,8	23,6	21,0	36,0	17,0	8,2	3,7
An	7,8	28,4	25,6	23,4	16,7	4,6	14,7	8,9	5,8
Ne	5,5	4,6	4,7	7,7	8,8	4,6	7,2	15,2	16,2
Wo	8,0	12,2	11,7	4,8	10,9	3,0	19,2	19,6	19,0
En	5,7	8,8	6,2	3,0	6,9	0,6	16,4	12,5	14,6
Fs	1,6	2,2	3,9	1,5	3,3	3,2	0,7	2,4	-
Fo	16,5	9,3	5,1	3,2	0,8	1,0	3,7	-	-
Fa	5,2	2,8	4,6	1,8	0,4	-	0,2	-	-

Хромдиопсид пикротефритов и тефритов образует короткопризматические зерна. В химическом составе (табл. 5) преобладает кремнезем ($\text{SiO}_2=51,60\%$), магний ($\text{MgO}=16,40\%$). В них обнаружены мелкие округлые зерна хризолитового оливина. В минеральном составе хромшпинелиды преобладают собственно шпинелевые ($\text{MgAl}_2\text{O}_4=31,6\%$) и магний-хромитовые ($\text{MgCr}_2\text{O}_4=26,1\%$) минералы. Температура кристаллизации оливин-хромшпинелевого парагенезиса по геотермометру Фабриса (Fabries, 1979) соответствует 1270°C , а по клинопироксеновому барометру Нимиса (Nimis, 1995) литостатическое давление кристаллизации ближе к 7,5-9 кбар.

Порфировые поколения минеральных парагенезисов характеризуют стадии расплава в промежуточных очагах. Различаются оливин-хромдиопсид-хромшпинель-флогопитовый, оливин-диопсид-салит-биотит-керсутит-хромистый магнетитовый, салит-плагиоклаз-глиноземистый титаномagnetит-керсутит-биотит-калиевый полевой шпат-анальцимовый парагенезисы.

Первый парагенезис порфировых поколений минералов в небольшом количестве участвует в составе субщелочного пикро- и меланократовых тефритов. При этом ранняя генерация хромдиопсида в большинстве случаев расположена в центральной зоне зональных вкрапленников клинопироксена, в отличие от состава megакристаллов центральной части зональные кристаллы клинопироксена

(табл.5) несколько обеднены хромом, никелем, кобальтом и обогащены окисным железом. Наряду с ними отмечаются единичные короткопризматические вкрапленники умеренно-хромистого диопсида (табл. 6).

Вторая генерация вкрапленников клинопироксена в составе пикротефрита резко преобладает над первой генерацией. Они либо составляют внешнюю зону зональных кристаллов, либо образуют короткопризматические кристаллы. Последние в ассоциации с гилосидеритовым оливином ($d_{130}=2,784-2,788\text{\AA}$), единичными удлиненно-призматическими выделениями керсутита и пластинками флогопита участвуют в составе пикротефритов (табл.5). Представители описанного парагенезиса в составе меланократового, мезократового и лейкократового тефритов в соответствии с изменением составов материнской породы изменяют свой состав. При этом хромшпинель заменяется хромистым магнетитом, глиноземистым, умеренно-титанистым магнетитом, хромдиопсид переходит в диопсид-салит и ферросалит. Флогопит же постепенно заменяется магнезиальным биотитом и биотитом. В основной массе, начиная от меланократового тефрита, через мезократовую разновидность к лейкократовому тефриту постепенно возрастает количество глазков анальцимов, а также наблюдаются лейсты и микролиты плагиоклаза. Калиевый полевой шпат в виде короткоигольчатой формы включен в глазки анальцима.

Таблица 5

Химические анализы породообразующих минералов тефрит-тешенитового комплекса Ходжавендского прогиба

парагене- зисы компо- ненты	мегакристаллы				пикротефрит					тефрит				пикротешенит		меланотешенит		
	Ol	Cpx	CrSp	Fl	Cpx	CrSp	Fl	Cpx	Ol	Ol	Cpx	Mt	Ker	Ol	Cpx	Pl	Cpx	TiMt
SiO ₂	40,36	51,60	-	38,25	50,87	-	39,57	47,27	39,10	39,28	48,39	-	39,43	37,48	50,16	46,82	50,30	-
TiO ₂	-	0,37	2,60	3,15	0,22	2,93	2,98	1,04	-	-	1,02	9,79	4,86	-	0,63	-	0,66	18,20
Al ₂ O ₃	-	2,67	16,82	15,21	2,31	13,87	16,86	5,41	-	-	5,59	10,99	12,30	-	3,42	33,93	3,46	1,46
Cr ₂ O ₃	-	1,20	34,42	1,26	0,21	31,40	1,10	0,23	-	-	0,42	13,04	0,36	-	0,92	-	0,16	0,10
Fe ₂ O ₃	-	1,50	14,47	2,58	4,70	17,02	2,65	5,56	-	0,46	3,39	25,83	4,33	0,39	2,98	0,63	1,52	32,39
FeO	11,02	4,20	16,31	4,46	3,33	26,59	4,46	4,20	14,63	16,21	3,08	31,02	7,18	25,63	3,91	-	5,13	46,68
MnO	0,55*	0,10	0,28	0,16	0,12	0,53	0,25	0,16	0,21	0,33	0,12	0,36	0,14	0,59	0,21	-	0,14	0,68
MgO	47,56	16,40	12,60	22,40	14,53	7,24	21,08	12,75	45,28	43,16	13,24	8,44	12,84	35,36	15,21	-	13,75	0,46
CaO	0,11*	22,20	-	0,10	23,20	-	0,08	22,80	0,41	0,42	24,0	-	14,20	0,39	22,10	16,58	22,10	-
Na ₂ O	-	0,16	-	0,20	0,36	-	0,36	0,32	-	-	0,27	-	1,40	-	0,32	1,39	0,45	-
K ₂ O	-	-	0,26***	8,86	-	-	8,93	-	-	-	-	-	0,48	-	-	-	-	-
F ₂	-	-	0,78*	0,19	-	-	0,18	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-	-
H ₂ O	-	-	0,86**	3,12	-	-	2,20	-	-	-	-	-	2,25	-	-	-	-	-
Σ	99,60	100,70	99,40	100,27	99,38	99,58	100,7	99,24	99,33	99,78	99,52	99,47	100,01	99,84	99,66	99,37	99,70	99,87

Таблица 6

Пересчеты химических анализов породообразующих минералов тефрит-тешенитового комплекса Ходжавендского прогиба

параг- незисы компо- ненты	мегакристаллы				пикротефрит					тефрит				пикро- тешенит		меланотешенит		
	Ol	Cpx	CrSp	Fl	Cpx	CrSp	Fl	Cpx	Ol	Ol	Cpx	Mt	Ker	Ol	Cpx	Pl	Cpx	TiMt
Si	1,001	1,908	-	2,712	1,887	-	2,806	1,738	0,979	0,996	1,805	-	5,837	0,996	1,862	2,160	1,877	-
Al	-	0,116	0,634	1,274	0,101	0,552	1,325	0,321	-	-	0,245	0,440	2,146	-	0,149	1,844	0,158	0,064
Ti	-	0,010	0,062	0,168	0,006	0,074	0,159	0,030	-	-	0,029	0,250	0,540	-	0,017	-	0,028	0,512
Cr	0,011**	0,035	0,870	0,071	0,006	0,839	0,062	0,007	-	-	0,12	0,350	0,043	-	0,027	-	0,005	0,007
Fe ⁺³	0,002*	0,041	0,348	0,138	0,131	0,433	0,141	1,554	0,032	0,009	0,095	0,660	0,660	0,018	0,083	0,22	0,054	0,912
Fe ⁺²	0,228	0,144	0,436	0,264	0,103	0,723	0,264	0,129	0,303	0,344	0,096	0,881	0,925	0,570	0,115	-	0,180	1,457
Mn	0,003	0,003	0,007	0,010	0,004	0,015	0,015	0,005	-	0,007	0,004	0,010	0,018	0,013	0,006	-	0,005	0,022
Mg	1,755	0,851	0,600	2,336	0,802	0,365	2,227	0,698	1,689	1,633	0,735	0,427	0,283	1,401	0,841	-	0,762	0,026
Ca	-	0,895	-	0,008	0,935	-	0,006	0,898	0,003	0,011	0,959	-	2,251	0,011	0,878	0,819	0,886	-
Na	-	0,023	-	0,027	0,025	-	0,049	0,022	-	-	0,02	-	0,451	-	0,023	0,124	0,040	-
K	-	-	0,022*	0,807	-	0,006***	0,808	-	-	-	-	-	0,101	-	-	-	-	-
F	-	-	0,020**	0,391	-	0,003**	0,232	-	-	-	-	-	0,271	-	-	-	-	-
OH	-	-	0,006***	1,519	-	-	1,443	-	-	-	-	-	2,22	-	-	-	-	-

* – NiO, ** – CoO, *** – V₂O₃.

Минеральные парагенезисы, характеризующие внутрикамерную дифференциацию тешенитовых интрузивов, заметно отличаются от минеральных парагенезисов лаво-пирокластических образований. При этом в составе наиболее меланократового представителя тешенитовых интрузивов, т.е. пикротешенитов, участвуют более железистый оливин (Fa_{68-72}), менее глиноземистый диопсид и умеренно хромистый титаномagnetит. В полнокристаллической основной массе различается плагиоклаз-салит-титаномagnetит-биотит-анальцимовый парагенезис. На последующей стадии из частично фракционированной порции тешенитового расплава происходила кристаллизация оливин-плагиоклаз-клинопироксен-биотит-баркевикит-титаномagnetит-анальцимового парагенезиса.

В соответствии с эволюцией тешенитового расплава содержание оливина в мелано-и мезократовом тешенитах постепенно уменьшается (9,2-4,2%), а фаялитовая молекула увеличивается (Fa_{68-71}). Сходное количественное поведение характерно и для салитового клинопироксена (32,7-21,6%).

Битовнит-лабрадорный плагиоклаз (An_{82-64}) как преобладающий представитель рассматриваемого парагенезиса (44-50%) нередко с титаномagnetитом образует взаимопрастающие зерна.

В составе лейкократового тешенита и тешенит-сиенита из вышеописанных парагенезисов полностью выпадает оливин и появляется интерстиционный калиевый полевой шпат (Or_{55-64}).

Итак, по сравнению с клинопироксеном более ранняя кристаллизация плагиоклаза в составе тешенитов показывает, что процесс кристаллизации в интрузивной камере при частичной потере летучих компонентов происходил в близповерхностных условиях. В этой связи кристаллизация плагиоклаза происходила раньше, чем клинопироксена и титаномagnetита. Это же ограничило обогащение этих минералов чермакитовой ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$) и собственно шпинелевой (MgAl_2O_4) молекулами. Более того, также в близповерхностных условиях происходило установление их промежуточных структурно-оптических типов в тешенитовых интрузивах ($p=4,5-6$ кбар, $\lg f_{\text{O}_2}=5,30-6,36$, $t=890-1100^\circ\text{C}$).

Минеральные парагенезисы, характеризующие породы трахибазальт-трахидолеритового комплекса (табл. 7, 8), сложены гиалосидеритовым оливином (Fa_{74-79}), высококальциевым авгитом ($\text{Wo}_{44}\text{En}_{42}\text{Fs}_{14}$), авгит-салитом ($\text{Wo}_{44-50}\text{En}_{40-43}\text{Fs}_{7-14}$), лабрадор-битовнитовым плагиоклазом (An_{56-72}), умеренно-титанистым магнетитом (Mt_{58-60} , Usp_{12-20} , Sp_{9-12} , Il_{11-19}).

Таким образом, выявленные особенности минеральных парагенезисов можно использовать для определения стадийности, физико-химических и геолого-геодинамических условий кристаллизации исходных расплавов трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба. При этом по коэффициенту первичности (K_d) породы рассматриваемых комплексов соответствуют дифференциатам первичных расплавов (Ирвин, 1983).

В этой связи к составу наиболее меланократовых разновидностей пород трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов прибавилась необходимая концентрация магния, никеля и кобальта (Когарко, 1973). После соответствующей поправки в качестве первичного расплава для трахибазальт-трахидолеритового комплекса принимался субщелочной оливиновый трахибазальт, а для тефрит-тешенитового комплекса – субщелочной пикрит.

Сопоставление одноименных фенокристаллов, участвующих в составе клинопироксенового, плагиоклазового и др. трахибазальтов и трахидолеритов, показывает, что они так же, как материнская порода, близки по составу. Наличие слабодифференцированности пород и минералов рассматриваемого комплекса позволяет допустить, что отфракционированные порции субщелочного оливин-базальтового расплава при частичной потере летучих компонентов существенно не подвергались гравитационно-кристаллизационной дифференциации.

Поэтому температуры гомогенизации расплавных включений по оливин-клинопироксеновому термометру (Hakli, Wright, 1967) и кристаллизации порфировых вкрапленников трахибазальт-трахидолеритового комплекса близки между собой ($t_{\text{Ol-Cpx}}=1180^\circ\text{C}$, температуры расплавных включений равны $1165-1210^\circ\text{C}$). Значение парциального давления

кислорода (I_{gfo_2}), измеренного по методике Матеза, Кудо и др., Сак и др. (Mathez, 1973; Kudo et al., 1970; Sak et al., 1980), между трахибазальтами и трахидолеритами колеблется в пределах: -6,33-7,91 атм. Литостатические давления кристаллизации рассчитывались по клинопироксеновому барометру (Nimis, 1995; Nimis, Ulmer, 1998; 1999) и соответствуют 3,5-4 кбар.

Однако хризолитовые микровключения, приуроченные к центральным частям вкрапленников клинопироксена, свидетельствуют о том, что исходный расплав рассматри-

ваемого комплекса до поступления в близповерхностный промежуточный очаг подвергался гравитационно-кристаллизационной дифференциации. Очевидно, после осаждения высокобарных фемических минералов, представителями которых являются хризолитовые микровключения, остаточный расплав обогащался такими несовместимыми элементами, как калий, рубидий, барий, стронций и др., благодаря которым из обогащенного остаточного расплава в низкобарных условиях кристаллизовался минеральный парагенезис трахибазальт-трахидолеритового комплекса.

Таблица 7

Химические анализы породообразующих минералов трахибазальт-трахидолеритового комплекса Ходжавендского прогиба

породы	трахибазальт				трахидолерит			
минералы компоненты	ol	срх	pl	tMt	ol	срх	pl	tMt
SiO ₂	38,46	49,39	53,0	-	39,44	50,69	50,16	-
TiO ₂	-	1,67	-	11,76	-	0,44	-	12,14
Al ₂ O ₃	-	3,79	32,74	4,36	-	3,20	32,34	4,89
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0,01	-	0,25	-	0,22
Fe ₂ O ₃	0,25	2,57	0,11	46,66	0,36	2,25	0,71	44,24
FeO	19,82	4,63	-	34,15	18,16	4,68	-	33,88
MnO	0,33	0,23	-	0,04	0,25	0,16	-	0,61
MgO	40,23	13,75	-	2,56	40,64	14,56	-	3,91
CaO	0,25	23,39	11,80	-	0,34	22,86	12,25	-
Na ₂ O	-	0,36	2,54	-	-	0,38	3,36	-
K ₂ O	-	-	0,22	-	-	-	0,94	-
Σ	99,34	99,78	100,41	99,53	99,19	99,22	99,76	99,67

Таблица 8

Пересчеты химических анализов породообразующих минералов на соответствующее количество кислорода трахибазальт-трахидолеритового комплекса Ходжавендского прогиба

породы	трахибазальт				трахидолерит			
минералы катионы	ol	срх	pl	tMt	ol	срх	pl	tMt
Si	0,997	1,842	2,327	-	1,014	1,889	2,290	-
Al	-	0,166	1,740	0,186	-	0,141	1,740	0,206
Ti	-	0,047	-	0,320	-	0,012	-	0,327
Cr	-	-	-	-	-	0,007	-	0,006
Fe ⁺³	0,005	0,072	0,007	1,271	0,007	0,063	0,024	1,192
Fe ⁺²	0,430	0,144	-	1,034	0,390	0,141	-	1,014
Mn	0,007	0,007	-	0,001	0,005	0,005	-	0,018
Mg	1,554	0,764	-	0,138	1,556	0,808	-	0,209
Ca	0,007	0,934	0,570	-	0,009	0,912	0,600	-
Na	-	0,026	0,309	-	-	0,027	0,297	-
K	-	-	0,012	-	-	-	0,055	-

Таким образом, из выявленных особенностей минеральных парагенезисов становится очевидным, что исходные расплавы рассматриваемых комплексов расплавились из единой метасоматизированной мантии.

На ранней стадии из субстрата расплавлялся субщелочной оливин-трахибазальтовый расплав (Shaw, 1970). На начальном этапе прогибания отмеченный расплав в условиях земной коры испытал частичную кристаллизацию и фракционирование. Из остаточного расплава в неглубинном промежуточном очаге кристаллизовались низкобарные минеральные парагенезисы. На втором этапе из метасоматизированного субстрата выплавлялся субщелочной пикритовый расплав. Последний в глубинном и менее глубинном промежуточных очагах, а также в интрузивной камере испытал кристаллизацию и фракционирование. В промежуточных очагах процесс кристаллизации происходил при контроле водных флюидов. В гипабиссальных интрузивных камерах процесс кристаллизации контролировался частичной потерей водного флюида.

ЛИТЕРАТУРА

- АБДУЛЛАЕВ, Р.Н., МУСТАФАЕВ, М.А. 1995. Типы мезозойских вулканических серий Локско-Карабахской зоны Малого Кавказа. *Труды ИГАН*, 25, Баку, Элм, 14-25.
- АВДЕЕВ, А.Г., ОСТРОУМОВА, А.С., ЦЕНТЕР, И.Я., ШАФИЕВ, Х.И. 1989. Эпилейцитовые тефриты верхнемелового вулканического комплекса Мартунинского синклинория (Южный Карабах). *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, 64, 3, 86-96.
- АХУНДОВ, Ф.А. 2003. Позднемеловые вулканические формации Малого Кавказа. Баку. 232.
- ИРВИН, Т.Н. 1983. Изверженные породы, состав которых обусловлен аккумуляцией, и сортировки кристаллов. В кн.: *Эволюция изверженных пород*. Мир, Москва, 241-300.
- КАРЯКИН, Ю.В. 1989. Геодинамика формирования вулканических комплексов Малого Кавказа. Наука. Москва. 150с.
- КОГАРКО, Л.Н. 1973. Отношение Ni/Co – индикатор мантийного происхождения магмы. *Геохимия*, 10, 1441-1446.
- МАМЕДОВ, М.Н. 1999. Петрология и геохимия поздне-меловых и эоценовых магматических формаций Малого Кавказа и Талыша. Nafta-press. Баку. 400.
- МАМЕДОВ, М.Н. 2000. Петролого-геохимические особенности формирования трахибазальтовой формации Ходжавендского прогиба. *Труды Института геологии АН Азербайджана*, 28, 86-99.
- МАМЕДОВ, М.Н., БАБАЕВА, Г.Д., КЕРИМОВ, В.М. 2009. Петрология тешенитов и ассоциирующих с ними щелочных пикритов Карпатского и Кавказского регионов. *Geochemistry of magmatic rocks. School «Geochemistry of Alkaline rocks»*. Москва.
- МАМЕДОВ, М.Н., БАБАЕВА, Г.Д., САДЫГОВ, Н.М. 2012. Клинопироксены трахибазальт-трахидолеритового и тефрит-тешенитового комплексов Ходжавендского прогиба. *Отчетная геология*, 6, 48-55.
- РЕНГАРТЕН, В.П. 1959. Стратиграфия меловых отложений Малого Кавказа. *Региональная стратиграфия СССР*, 6, Москва, 540.
- СОЛОВЬКИН, А.Н. 1945. Анальцимовые породы на Малом Кавказе. *Докл. АН СССР*, 49, 50. 51-52.
- ШИХАЛИБЕЙЛИ, Э.Ш., АБДУЛЛАЕВ, Р.Н. 1994. Геология и полезные ископаемые Нагорного Карабаха Азербайджана. Элм. Баку. 284.
- FABRIES, J. 1979. Spinel-olivine geothermometry in peridotites from ultramafic complexes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 329-336.
- HAkli, T.A., WRIGHT, T.L. 1967. The fractionation of nickel between olivine and augite as a geothermometer. *Geochim. et cosmochim. acta*, 31, 5.
- KUDO, A.M., WEILL, D.F. 1970. An igneous plagioclase thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 25, 52-65.
- Le BAS, M.J., LE MITRE, R.W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B. A. 1986. Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica (TAS) diagram. *Petrology*, 27, 745-750.
- MATHEZ, E. A. 1973. Refinement of the Kudo-Weill plagioclase thermometer and its application to basaltic rocks. *Contributions to mineralogy and petrology*, 41, 61-72.
- NIMIS, P. 1995. A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling. *Contributions to mineralogy and petrology*, 121, 115-125.
- NIMIS, P., ULMER, P. 1998. Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. Part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems. *Contributions to mineralogy and petrology*, 133, 1-2, 122-135.
- NIMIS, P., ULMER, P. 1999. Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. Part 2. Structural geobarometers for basic to acid, tholeiitic and mildly alkaline magmatic systems. *Contributions to mineralogy and petrology*, 135, 62-74.
- SACK, R.O., CARMICHAEL, I.S., RIVERS, S.E., GHIORSO, M.S. 1980. Ferric-ferrous equilibria in natural silicate liquids at 1 bar. *Contributions to mineralogy and petrology*, 75, 369-376.
- SHAW, D.M. 1970. Trace elements fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34, 237-243.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана А.Д.Исмаил-Заде