

Геохимични особености на горнокредни магматити от Панагюрския вулкано- интрузивен район, Централно Средногорие

Лилан Даиева, Стойка Чипчакова

Daieva, L., S. Chipchakova. 1997. Geochemical features of the Upper Cretaceous magmatites from Panagiurishte volcano-intrusive region, Central Srednogorie. — *Geochem., Mineral. and Petrol.*, 32, 85-99

The Panagiurishte volcano-intrusive region (PVIR) is situated in the NW part of Central Srednogorie volcano-intrusive area. The Upper Cretaceous magmatism in PVIR is characterized by multistage and polyfacial evolution. Four magmatic stages are distinguished in the region: I — andesites-dacites (Cenomanian — 93 Ma); II — andesites-basalts — trachyandesites-basalts (Turonian — 93-90 Ma); III — dacites - rhyodacites (Coniacian — Early Santonian 91-83 Ma); IV — andesites-basalts-andesites - trachyandesites (Campanian — 82-65 Ma).

The geochemical features of the magmatites are discussed on the basis of 43 analyzed samples from three different volcano-intrusive centres in PVIR. Among the investigated rocks dominate the intermediate and acid varieties. Petrochemically they belong mainly to the CA, HKCA and SH series. An increase of K_2O/Na_2O -ratio, absolute concentrations of Rb, Ba, Sr, K, Th and REE (especially La_N/Yb_N from 6.4 to 9.0) from TH to HKCA and SH series have been observed. There is not correlation between the content and behaviour of trace elements and the time of rocks emplacement.

MORB-normalized geochemical patterns of trace elements show the selective enrichment of LILE, typical for subduction related magmas. This subduction enrichment decreases from the earlier to the late magmatic stages.

Key words: Upper Cretaceous magmatites, REE, trace elements, subduction enrichment
Address: Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, 1113 Sofia

Ключови думи: горнокредни магматити, редкоземни елементи, елементи следи, субдукционна обогатяване

Адрес: Българска академия на науките, Геологически институт, 1113 София

Увод

Централното Средногорие представлява сегмент от горнокредната Средногорска островнодъгова система, който се характеризира с нормално- до субалкален (преобладаващо среден и кисел) магматизъм и предимно медна минерализация (Staniševa - Vassileva, 1980). Горнокредният субдукционен свързан магматизъм е формирал Средногорската вулкано-интрузивна зона (SVIZ), част от структурата на зряла островна дъга (Vossalletti et al., 1974;

1978) — един от най-рано формираните сегменти на Алпо-Хималайския вулканно-интрузивен пояс. SVIZ е поделена на три области — западна, централна и източна, а те от своя страна — на райони. В СЗ част на Централносредногорската вулканно-интрузивна област е разположен Панагюрският вулканно-интрузивен район (Dabovskí et al., 1991).

Досега проведените изследвания върху геохимията на горнокредните магматити от Централното Средногорие обхващат само т. нар. „ларамийски“ неинтрузии (Алексиев, 1969; Бояджиеви др., 1988).

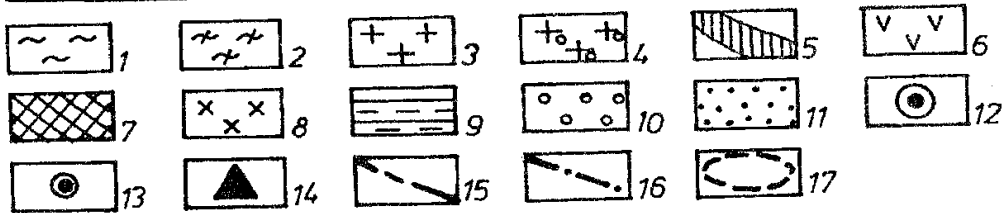
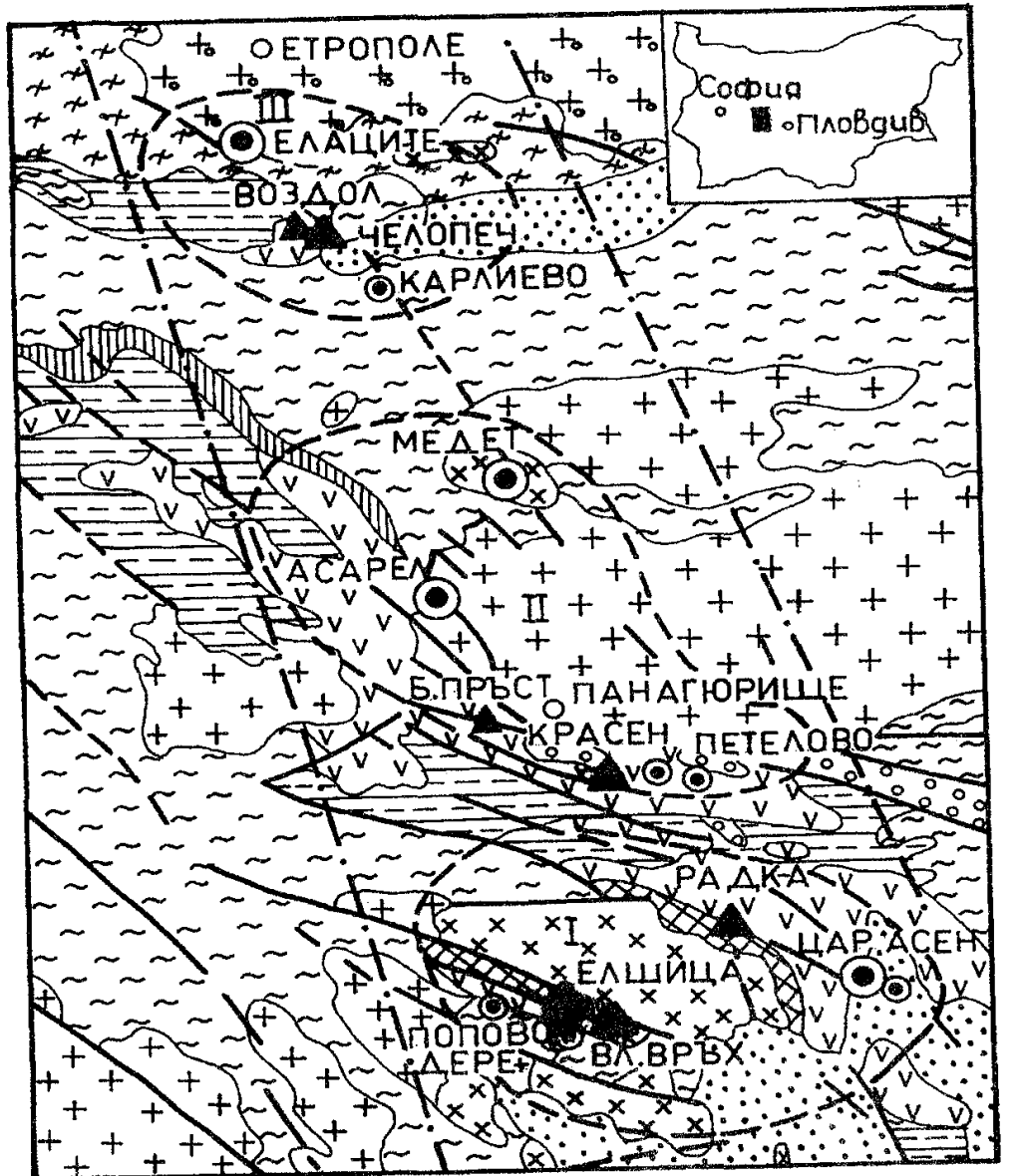
Развитие на горнокредния магматизъм в Панагюрския вулканно-интрузивен район

В Панагюрския вулканно-интрузивен район (ПВИР) горнокредният магматизъм се характеризира с добре изявено многоетапно и полифациално развитие, продължило почти през цялата горна креда (Чипчакова, Вапцарова, 1975; Чипчакова, Лилов, 1976). Отделени са три главни вулканно-интрузивни центъра от север на юг: Елашко-Челопешки (ЕЧВИЦ), Медет-Асарелски (МАВИЦ) и Елшишко-Радкински (ЕРВИЦ), които пространствено съвпадат с едноименни рудни полета (Богданов, 1987, фиг.1). Тези ВИЦ лежат в границите на Панагюрската субмеридионална, дълбочинна, магмоконтролираща разломна зона, в участъци на пресичането ѝ със ЗСЗ дълбочинни разломи (Цветков, 1976). Горнокредният магматизъм има подводен характер, с висок коефициент на експлозивност. Негови продукти от различни етапи асоциират с фаунистично датирани разновъзрастни горнокредни седименти (Карагюлева и др., 1974; Чипчакова, Вапцарова, 1975; Моев, Антонов, 1978). Много рядко се срещат вулканити от последния етап с шлакова, едромехуреста текстура и опацитизирани мафити, характерни за аералния вулканизъм. Разграничени са четири етапа на магматизма: I — андезитодацитов (ценоман, 93 Ma), установен само в ЕЧВИЦ главно в субвулкански фациес. Вторият, андезитобазалт — трахиандезитобазалтов етап (турон, 93-90 Ma) е добре развит в трите ВИЦ, където сред вулканитите се разкриват както субвулкански, главно кварцмонцодиоритови и монцодиоритови порфирити, така и хипоабисални кварцмонцодиорити, монцодиорити, по-рядко кварцдиорити и кварцгабродиорити. Третият, дацит-риодацитов етап (кониас — долен сантон, 91-87 Ma) е проявен също в три фациеса, с нарастващ от север на юг интензитет. В същата посока сред киселите вулканити се разкриват все повече субвулкански скали и хипоабисални гранодиорити и гранити. Четвъртият, андезитобазалт-андезит-трахиандезитов етап (кампан — долен мастрихт, 82-65 Ma) е представен главно във вулкански, рядко субвулкански фациес, също с нарастващ от север на юг интензитет.

Кратка петрографска характеристика на вулканитите

Горнокредните магматити са преобладаващо среднобазични и кисели, рядко — базични.

Среднобазичните магматити са формирани през втория и четвъртия етап на магматизма — във вулкански, субвулкански и интрузивен фациес, но преоб-



Фиг. 1. Геоложка схема на Панагюрския вулcano-интрузивен район (по Б о г д а н о в, 1987): 1 — докамбрийски гнайси; 2 — палеозойски филити и диабази; 3 — средногорски палеозойски гранитоиди; 4 — старопланински палеозойски гранитоиди; 5 — триаски варовици и пясъчници; 6 — горнокредни андезити и техните агломератови туфи; 7 — горнокредни дацити и техните агломератови туфи; 8 — горнокредни интрузивни и субвулкански скали — гранити, гранодиорити, кварцмонзодiorити и техните порфиритови разновидности; 9 — мастрихтски флишоидни скали; 10 — горноеоцeнски конгломерати; 11 — плиоценски и кватернерни наслаги; 12 — меднопорфирни находища; 13 — меднопорфирни рудопроявления; 14 — меднопиритни находища; 15 — разломи; 16 — граници на Панагюрската дълбочинна разломна зона; 17 — граници на вулcano-интрузивните центрове: I — Елшишко-Радкински, II — Медет-Асарелски, III — Елашко-Челопешки

Fig. 1. Geological scheme of Panagjurishte volcano-intrusive region (after Б о г д а н о в, 1987): 1 — Precambrian gneisses; 2 — Paleozoic phyllites and diabases; 3 — Sredna Gora type Paleozoic granitoides; 4 — Stara Planina type Paleozoic granitoides; 5 — Triassic limestones and sandstones; 6 — Upper Cretaceous andesites and their agglomeratic tuffs; 7 — Upper Cretaceous dacites and their agglomeratic tuffs; 8 — Upper Cretaceous intrusive and subvolcanic rocks — granites, granodiorites, quartz-monzodiorites and their porphyritic varieties; 9 — Maastrichtian flyschoid rocks; 10 — Upper Eocene conglomerates; 11 — Pliocene and Quaternary sediments; 12 — porphyry copper deposits; 13 — porphyry copper mineralization; 14 — copper-pyrite deposits; 15 — faults; 16 — limits of deep fault zone; 17 — limits of volcano-intrusive centres: I — Elshitzka-Radka; II — Medet-Assarel; III — Elatizite-Chelopech

ладават вулканитите. Последните са представени от андезитобазалти, трахиандезитобазалти, андезити и трахиандезити, рядко от базалти и трахибазалти. Структурата на всички средни вулканити е сериално порфирна, най-често с хиалинна или хиалопилитова, по-рядко пилотакситова и микролитова основна маса. Фенокристалите (25 - 50%) са представени главно от плагиоклаз (от лабрадор до андезин) и по-малко (10 - 20%) мафити — клинопироксен (диопсидов тип), ортопироксен (бронзит?), обикновен амфибол и биотит. Първичният калифелдшпат е изцяло в основната маса на трахиандезитобазалтите и трахиандезитите. Акцесорните минерали са представени главно от магнетит, апатит и титанит, рядко от аланит и циркон. Сред андезитобазалтите и андезитите преобладават двупироксенови, амфибол-двупироксенови и клинопироксен-амфиболкови разновидности, а при трахиандезитобазалтите и трахиандезитите — амфибол-клинопироксенови, биотит-амфибол-клинопироксенови и биотит-амфиболкови такива.

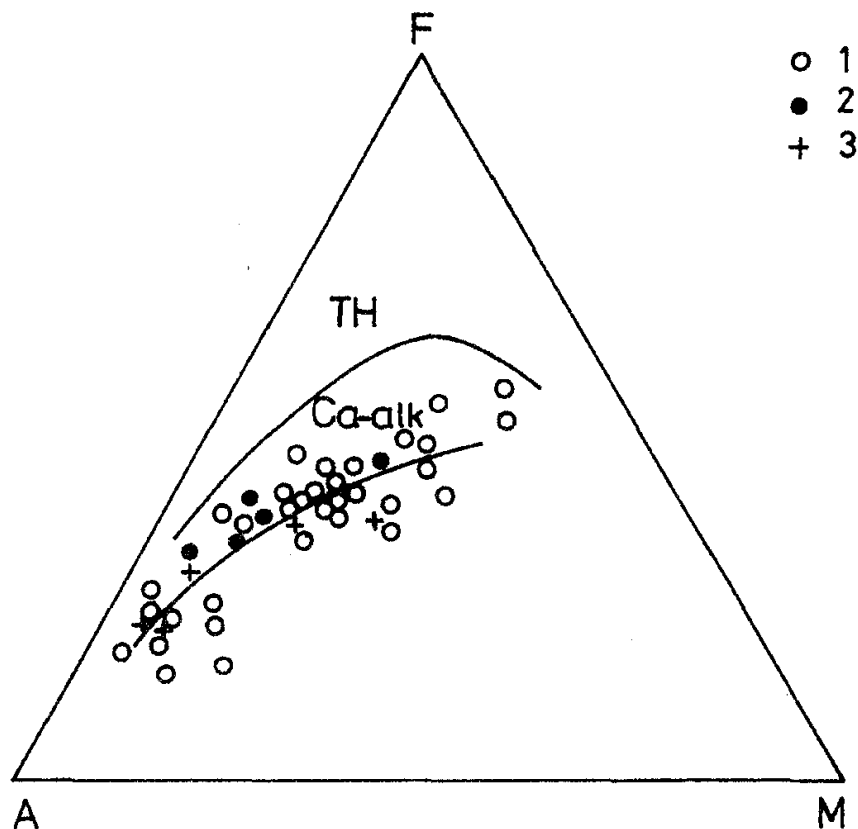
В слабо хидротермално променените магматити от всички фациеси (интензивно хидротермално променените не са обект на настоящата статия) плагиоклазът е частично заместен от зеолити и карбонат±хлорит, а мафитите — от хлорит и карбонат±епидот, ортопироксенът — от индингсит(?), кварц±селадонит. Рядко са засегнати от адуларизация (главно трахиандезитите).

Киселите вулканити са представени от дацити и риодацити, прехождащи съответно в трахидацити и трахириодацити, рядко в трахириолити. По състав на мафитите всички са биотит-амфиболкови, често левкократни, отличаващи се по вариращи съдържания на кварца и К-фелдшпат, който е изцяло в основната маса. Структурата им е сериално порфирна, с фенокристали (20 - 40%) главно от плагиоклаз (андезин, рядко андезин-лабрадор) и кварц, по-малко (10 - 18%) и по-дребнопорфирни мафити — обикновен амфибол и биотит. Акцесорни минерали — магнетит, апатит, титанит, циркон, рядко аланит. Основната маса е микрофелзитова, микропойкилитова, по-рядко — хиалинна или перлитова. Анализираните кисели вулканити, включително субвулканските и интрузивните им аналози, са засегнати от слаба хидротермална промяна. Плагиоклазът е частично заместен от зеолити, карбонат и епидот, а мафитите — от хлорит, карбонат±епидот. Близко до околорудни зони плагиоклазът е частично заместен от адулар и серицит, а мафитите — от серицит.

Скалите от вулканския, субвулканския и интрузивния фациес от един и същи етап имат аналогични минерален и петрохимичен състав и абсолютна възраст, което заедно с геолого-структурните условия на образуването им потвърждават тяхната комагматичност.

Геохимия

Макроеlementи. Съдържанията на главните петрогенни елементи във вулканските, субвулканските и интрузивните скали от трите ВИЦ (табл.1) отразяват техния Са-алкален характер (фиг.2). Пространственото разположение на изследваните магматити върху класификационната K_2O/SiO_2 диаграма на *P e s s e r i l l o, T a u l o r* (1976), модифицирана от *D a b o v s k i e t a l.* (1991), показва, че те са средни до кисели по характер скали, а по отношение на магматната сериалност обхващат главно полетата на Са-алкална, НКСА (високо К-ево Са-алкална) и SH (шошонитова) и много рядко TH (толеитова) серия (фиг. 3). Сред магматитите от ЕЧВИЦ преобладават скалите от НКСА-серия. Наблюдава се едно нарастване на стойността на K_2O/Na_2O отношение в посока от



Фиг. 2. AFM-диаграма на горнокредните магматити от Панагюрския вулcano-интрузивен район; TH, Ca-alk трендове по Coleman, Peterman (1975): 1 — вулкански; 2 — субвулкански; 3 — интрузивни скали. Знаците са валидни за всички фигури

Fig. 2. AFM-diagram for Upper Cretaceous magmatites from Panagurishte volcano-intrusive region, TH, Ca-alk trends after Coleman, Peterman (1975): 1 — volcanic; 2 — subvolcanic; 3 — intrusive rocks. The symbols are the same for all Figs

СА към SH, където стойността му е по-голяма от единица. Подобно нарастване на отношението K_2O/Na_2O е установено също в МАВИЦ и ЕРВИЦ, където сред изследваните образци преобладават тези от SH серия.

Нанесени на Харкеровите диаграми данните за петрогенните елементи в горнокредните магматити от ПВИР показват класическата тенденция (фиг. 4) на намаление на Al_2O_3 , FeO , MgO и CaO от по-базичните към по-киселите скали. Повишението на съдържанието на алкалии с нарастване съдържанието на SiO_2 е твърде неравномерно (фиг.4) и при едно и също съдържание на SiO_2 се наблюдават твърде широки интервали на концентрации на K_2O и Na_2O , както в трите ВИЦ, така и във всеки един от тях поотделно. Такива тенденции в поведението на петрогенните елементи са наблюдавани в много вулкански скали от други островнодъгови системи (Villari, 1980; Hamilton, 1988; Francalanci et al., 1989).

Редки и разсеяни елементи. Съдържанието на редките и разсеяните елементи е определено рентгенофлуоресцентно и неутронно-активационно, а резултатите са представени в табл. 1, 2.

Сумата на РЗЕ в изследваните вулкански и субвулкански скали от ЕЧВИЦ варира от 125,6 до 159,3 g/t. Установява се (фиг.5) ясно обогатяване на леките спрямо тежките редкоземни елементи ($La_N/Yb_N = 8,8-10,8$) и слабо изразена отрицателна европиева аномалия (средно 0,80).

Вулканските скали от МАВИЦ са с по-ниско съдържание на РЗЕ (сума РЗЕ варира от 77,2 до 106,8 g/t). Разпределението им се отличава с по-слабо изразен

Таблица 1

Химичен състав на горнокредни магматити от Панаягюрския вулкано-интрузивен район

Table 1

Chemical composition of Upper Cretaceous magmatic rocks from Panajurishte volcano-intrusive region

№	Елашко-Челопешки вулкано-интрузивен център													
	I етап				II етап				IV етап					
	1770	262/66	195	1658	297	1736	283	99/Ч	129	1735	5/84	1/88	2/88	294
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Макроелементи (тегл. %)													
SiO ₂	61,51	58,59	60,98	55,05	55,30	53,92	55,02	56,74*	56,88	64,23	58,19*	61,09*	57,49*	63,67
TiO ₂	0,48	0,57	0,56	0,64	0,79	0,75	0,79	0,67	0,51	0,60	0,63	0,61	0,66	0,62
Al ₂ O ₃	17,31	17,70	18,20	19,37	19,75	19,90	19,75	19,13	17,55	15,45	18,90	16,93	18,23	15,70
Fe ₂ O ₃	3,07	4,10	2,50	4,81	4,20	4,47	5,06	6,91	3,18	3,45	6,06	5,73	6,20	3,34
FeO	1,90	1,99	2,44	1,51	2,16	2,16	1,36	1,87	1,87	2,05	0,13	0,11	0,12	1,87
MnO	0,27	0,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15	0,12	0,19	0,09	0,13	0,11	0,12	0,10
MgO	1,59	3,15	1,35	2,70	2,65	2,70	2,85	1,37	1,42	1,60	2,15	2,02	2,77	2,35
CaO	3,18	2,82	4,60	6,21	6,15	6,42	5,16	6,48	4,20	3,55	6,11	4,84	5,67	4,75
Na ₂ O	5,51	3,80	4,20	3,81	4,69	3,79	4,56	4,12	3,80	4,97	4,14	4,71	3,21	3,55
K ₂ O	3,00	4,32	3,36	2,56	1,89	2,28	1,77	1,54	2,78	1,10	0,97	2,44	2,22	1,55
P ₂ O ₅	0,20	0,29	0,19	0,25	0,24	0,30	0,25	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20
H ₂ O ⁻	0,30	0,39	0,20	0,61	0,52	0,88	0,79	0,90	0,90	0,55	0,55	0,55	0,51	0,51
H ₂ O ⁺	1,26	1,00	1,00	1,94	1,45	1,78	2,10	1,98	4,20	1,98	1,98	1,98	1,65	1,65
CO ₂	0,28		0,09	0,13	0,09	0,22	0,31	2,43	1,20	0,13	2,26	1,52	3,43	0,22
LOI	99,86	100,12	99,80	99,72	100,01	99,70	99,92	99,51	98,89	99,96	99,54	100,00	100,00	100,08
Total														

Редки и разсеяни елементи (g/t)

Rb	85			75	33	53	29			19		39	63	
Ba	1307			1050	676	449	638			534		1137	505	
Sr	1009			1284	984	856	1044			1058		921	919	
Cr	<10			7	<20	<20	<20			4		<20	<20	
V	70			98	129	102	130			94		151	136	
Zr	167			152	134	98	139			124		124	141	
Y	18			19	na	na	na			23		na	na	

Таблица 1 (продължение)
Table 1 (continued)

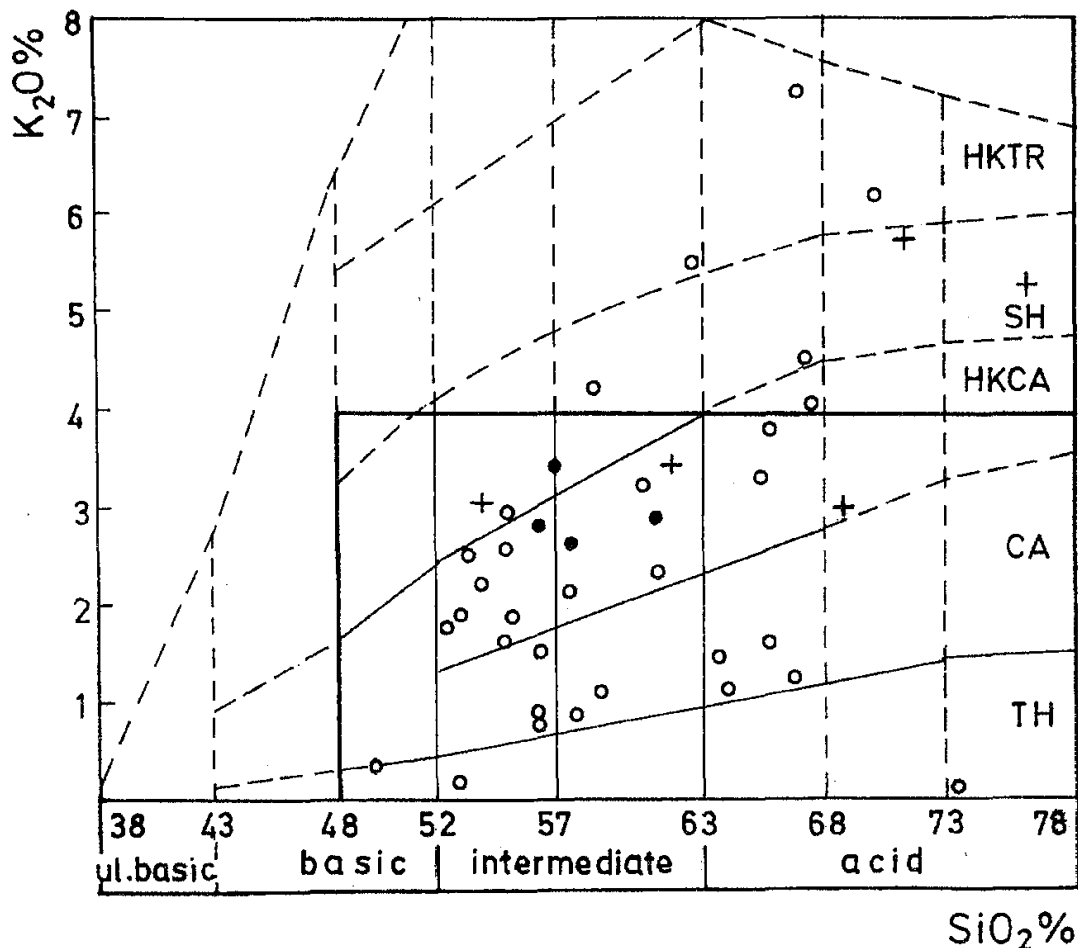
№		Медет-Асарелски вулкано-интрузивен център															
		III етап				III етап				IV етап							
		1727 ^б	5083 ^а	5032	5333	1723	52/72	5137	6472	1643	1626	5145	2970	9/БП	5303	17756	5323
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Макроелементи (тегл. %)																	
SiO ₂		49,55*	57,50	57,04	55,25	52,88*	52,50	54,27*	56,67	62,53	66,02	70,84	71,56	76,28	58,57	56,43	52,77
TiO ₂		0,62	0,80	0,63	0,71	0,70	0,72	0,82	0,65	0,46	0,30	0,20	0,18	0,08	0,72	0,66	0,62
Al ₂ O ₃		18,54	16,91	18,39	18,31	17,89	17,03	16,49	16,24	16,84	16,52	13,85	13,76	12,00	16,96	16,38	16,20
Fe ₂ O ₃		5,61	4,40	2,05	3,75	7,15	6,11	6,18	4,48	3,09	1,09	0,53	1,24	1,00	2,30	4,25	4,96
FeO			3,72	4,31	1,94		2,58		1,47	2,19	3,09	1,87	1,10	1,08	4,54	3,75	2,73
MnO		0,08	0,14	0,14	0,11	0,32	0,14	0,09	0,11	0,07	0,10	0,03	0,25	0,01	0,16	0,15	0,19
MgO		2,90	3,90	1,41	3,42	5,89	5,01	4,40	3,05	2,28	0,74	0,64	0,90	0,25	3,34	3,53	4,95
CaO		10,69	4,52	5,01	6,60	1,57	7,06	5,68	7,37	4,90	3,32	2,22	0,40	0,14	7,25	7,46	8,92
Na ₂ O		0,70	3,27	4,71	2,14	0,99	3,31	2,90	2,30	3,15	3,51	2,67	2,07	2,87	2,72	2,63	1,91
K ₂ O		0,39	2,66	3,41	2,84	6,90	1,81	3,11	0,70	3,51	4,30	5,83	5,74	5,42	1,25	0,82	0,26
P ₂ O ₅			0,20	0,19	0,16		0,16		0,15	0,22	0,13	0,06	0,04	0,03	0,11	0,11	0,18
H ₂ O ^с				0,25	1,72		1,18		1,82	0,32	0,11	0,13	0,22	0,15	0,33	0,55	1,90
H ₂ O ^в				1,71	2,84		2,14		4,75		0,49	0,71	1,71	0,90	1,04	2,82	4,15
CO ₂			0,94	0,94			0,19				0,13	0,51		0,09	0,40		
LOI		10,84	2,08			5,75		6,06		0,84					0,73		
Total		99,92	100,10	100,19	99,79	100,04	99,94	100,00	99,76	100,4	99,85	100,09	99,17	100,30	100,02	99,94	99,74
Редки и разсеяни елементи (g/t)																	
Rb		37	95	218	80	198	50	116	42	82	135	127		114	30	52	17
Ba		67	376	314	853	509	418	389	569	366	431	853		314	736	370	1710
Sr		305	906	80	781	106	66	1228	>1300	695	816	1057		94	741	683	2444
Cr		18	14	<5	17	9	26	84	41	<10	<10	27		20	13	21	34
V		112	244	53	162	128	196	353	168	65	63	358		<20	167	120	198
Zr		128	108	83	146	96	50	112	257	101	100	45		36	120	86	154
Y		23	18	17	14	16	11	na	na	14	17	na		na	18	20	14

Таблица 1 (продължение) Table 1 (continued)

№	Елишко-Радкински вулcano-интрузивен център												
	1062/к	1651	2393	6657	2390	1715	1609	7809	1624	1734	1699	3510	3513
	II	III етап				IV етап							
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	43
Макроелементи (тегл. %)													
SiO ₂	53,47	65,87	66,87	67,81	70,25	66,77*	68,21	73,18	65,61	65,34	67,22*	52,97*	62,49
TiO ₂	0,77	0,23	0,26	0,37	0,23	0,32	0,27	0,26	0,45	0,64	0,47	0,75	0,55
Al ₂ O ₃	17,49	14,29	12,86	15,34	14,15	14,73	15,06	14,70	16,50	14,70	15,90	15,94	17,78
Fe ₂ O ₃	5,56	1,58	2,48	2,26	1,33	2,51	1,62	0,50	1,95	3,47	2,63	6,38	1,74
FeO	1,40	0,47	0,61	0,81	1,65	0,06	1,66	0,50	1,44	1,94	0,07		1,76
MnO	0,16	0,07	0,21	0,05	0,05	0,06	0,06	0,02	0,08	0,09	0,07		0,06
MgO	2,79	0,88	0,48	1,55	0,65	2,89	0,84	0,60	0,35	1,90	0,88	4,72	1,11
CaO	9,05	3,68	3,70	0,74	0,82	0,58	4,27	5,09	3,49	4,18	2,44	9,28	1,70
Na ₂ O	3,17	3,17	2,79	3,64	3,15	3,35	3,52	4,16	4,46	2,87	4,48	2,13	5,66
K ₂ O	2,56	1,78	1,36	4,05	6,33	7,36	2,87	0,17	3,85	3,41	4,32	1,83	5,49
P ₂ O ₅	0,16	0,06	0,06	0,10	0,11	0,06	0,06	0,06	0,10	0,13		5,70	0,17
H ₂ O ⁻	0,75	2,36	3,04	0,38	0,34	0,08	0,08	0,10	0,12	0,27		99,72	0,34
H ₂ O ⁺	0,76	5,20	5,04	1,53	0,76	0,20	0,20	0,69	0,47	1,10		99,72	0,88
CO ₂	1,94	0,13	0,03	0,30	0,13	1,25	1,28	0,18	0,81	0,09	1,60		
LOI ₁				0,70		99,82	100,00	100,21	99,68	100,13	100,01	99,72	99,73
Total	100,03	99,77	99,79	99,63	99,95	99,82	100,00	100,21	99,68	100,13	100,01	99,72	99,73
Редки и разсеяни елементи (g/t)													
Rb	50	55	82	82	70	95	89	<20	118	86	112	13	134
Ba	676	536	208	208	705	437	329	33	317	717	662	382	566
Sr	415	601	51	51	144	118	301	955	166	485	315	574	183
Cr	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	69	<10	6	<5	50	23
V	34	40	38	38	34	44	40	22	53	145	42	243	73
Zr	83	98	90	90	94	122	92	138	137	122	197	99	151
Y	15	14	11	11	11	15	13	na	22	na	28	26	na

Забелжително: 1,2,3,39,41 — трахандезити; 4,5,6,7,19,31 — трахандезитобазалти; 8,18,22,29,42 — андезитобазалти; 9,16,17,21 — кварцмонцодиорити; 10,11,12,13,14,28,40 — андезити; 15,30 — базалти; 20 — трахибазалт; 23,24 — гранодиорити; 25 — лейкограносиенит; 27 — трахириолит; 32,33 — дацити; 34 — риодацит; 26,35 — трахириодацити; 36 — трахидацит; 37 — гранит; 38 — плагиориолит; 43 — трахит; на — не анализирани; * — XRA; проби 1,5,19,21,42 — цеолитизирани и карбонатизирани в различна степен.

Note: 1,2,3,39,41 — trachyandesites; 4,5,6,7,19,31 — trachybasaltic andesites; 8,18,22,29,42 — basaltic andesites; 9,16,17,21 — quartz monzodiorites; 10,11,12,13,14,28,40 — andesites; 15,30 — basalts; 20 — trachybasalt; 23,24 — granodiorites; 25 — leucogranosyenite; 27 — trachyrhyolite; 32,33 — dacites; 34 — rhyodacite; 26,35 — trachyrhyodacite; 36 — trachydacite; 37 — granite; 38 — plagioryholite; 43 — trachyte; na — non analysed; * — XRA; Samples 1,5,19,21,42 — zeolitized and carbonitized to a different degree.



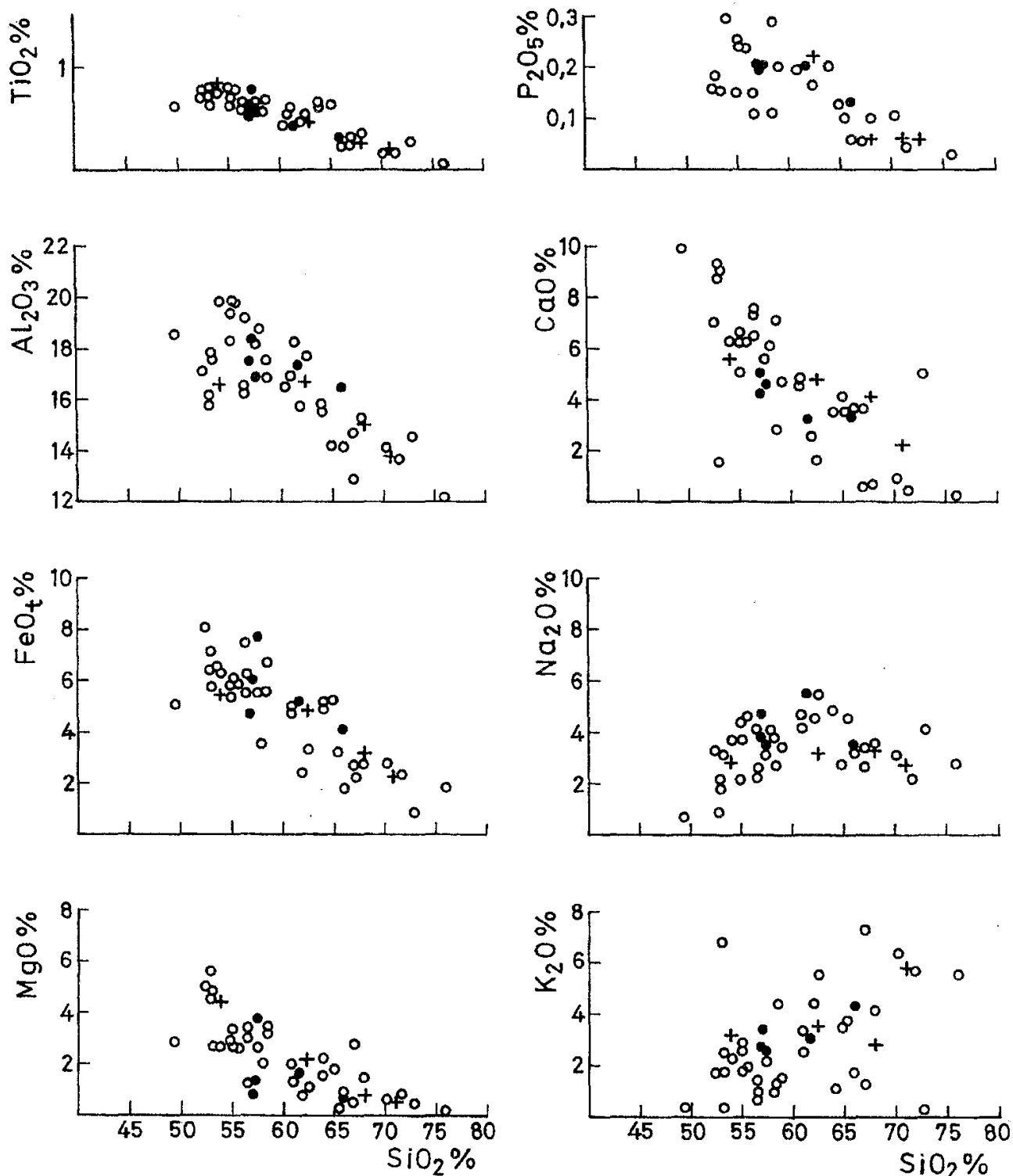
Фиг. 3. K₂O/ SiO₂ - диаграма за изследваните скали
 Fig. 3. K₂O/ SiO₂ - diagram for the investigated rocks

превес на леките спрямо тежките РЗЕ (фиг. 5, $La_N/Yb_N = 5,6-7,3$) и по-ясна отрицателна Eu аномалия ($Eu^I = 0,75$) в сравнение със скалите от ЕЧВИЦ. В субвулканските скали съдържанието на РЗЕ е в същия интервал, но разпределението им е с по-ясен превес на ЛРЗЕ спрямо ТРЗЕ ($La_N/Yb_N \sim 9,0$) и отрицателна Eu аномалия $\sim 0,55$. Най-високо е съдържанието на РЗЕ в скалите от интрузивния фазиес, като характеристиките на хондрит-нормираното им разпределение са подобни на тези за вулканските и субвулканските скали от този център.

Сума РЗЕ във вулканитите от ЕРВИЦ е също по-ниска в сравнение с ЕЧВИЦ (65,0-129,1ppm). Хондрит-нормираното разпределение на РЗЕ е с подчертан превес (фиг. 5) на леките спрямо тежките РЗЕ ($La_N/Yb_N = 8,3-10,6$) и отрицателна Eu аномалия $- 0,73$.

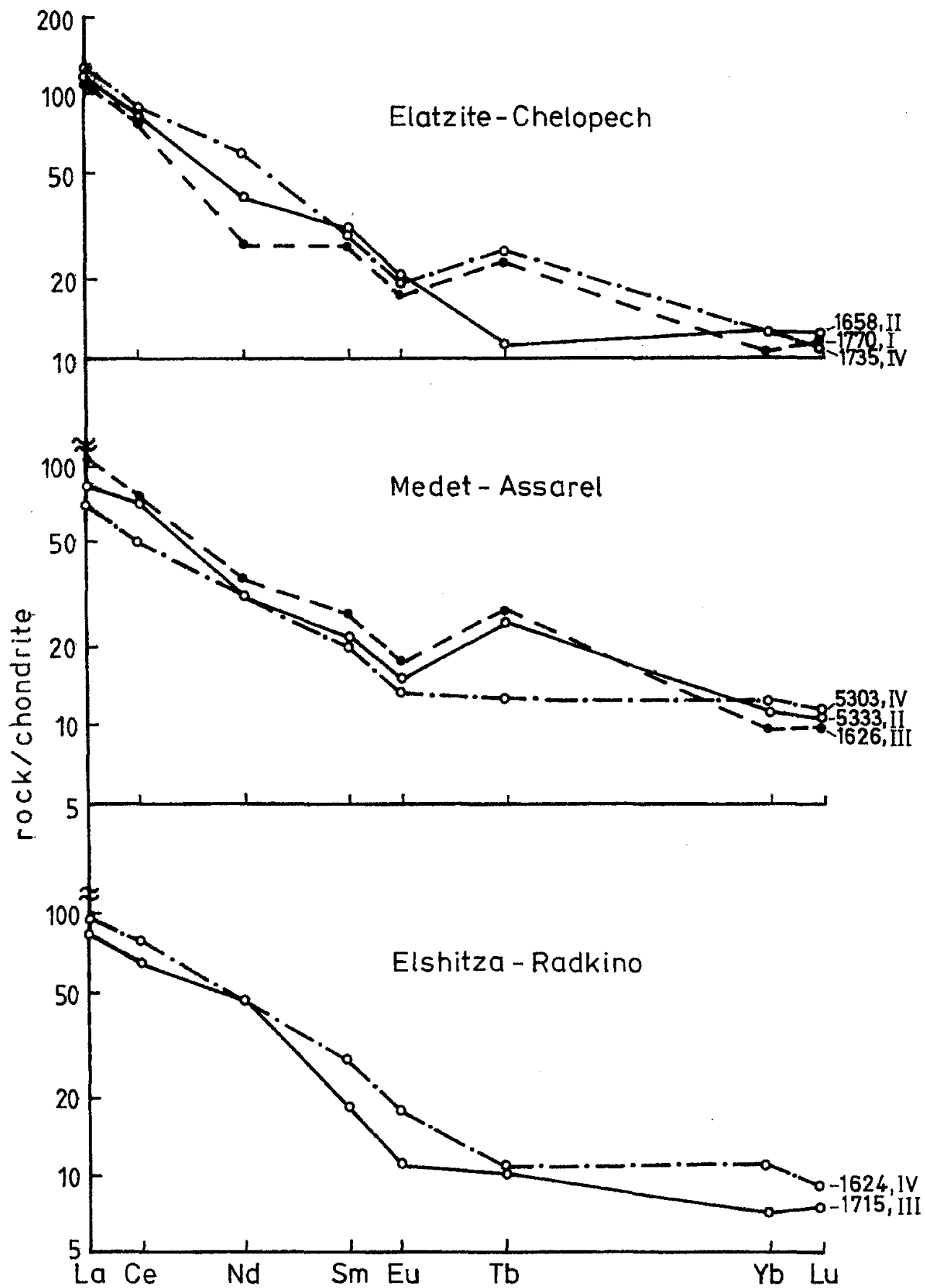
Разглеждайки съдържанието и разпределението на РЗЕ по петрографски разновидности както в отделните вулcano-интрузивни центрове, така и общо в изследвания район, не се установяват никакви съществени различия между тях. Липсва и пряка връзка между съдържанието и поведението на РЗЕ в изследваните скали и времето на тяхното внедряване.

При сравняване РЗЕ-разпределения на скалите в трите ВИЦ и във всеки един поотделно с минералния състав за всеки конкретен случай се вижда, че това разпределение се определя от количествените съотношения на акцесорните апатит (носител на ЛРЗЕ) и титанит (носител на ТРЗЕ), които определят и отрицателната Eu аномалия (няма данни за съществено плагиоклазово фракциониране).



Фиг. 4. Вариационни диаграми за макроелементите на магматитите от ПВИР
 Fig. 4. Variation diagrams of major elements in PVIR magmatites

От гледна точка на магмената сериалност, разгледана на примера на МАВИЦ (където са изследвани най-голям брой проби, обхващащи от ТН до SH-серии), се набелязват следните основни тенденции в поведението на РЗЕ. С повишаване на К-алкалност от ТН към СА и НКСА-серия се наблюдава нарастване на РЗЕ и стойността на отношението La_N/Yb_N , установено и от други автори (Villagi, 1980; Francalanci et al., 1989) и намаляване на стойността Eu^I от 1,00 до 0,63. В SH скали от същия ВИЦ няма забележима промяна



Фиг. 5. Хондрит-нормирано разпределение на РЗЕ в изследваните скали
 Fig. 5. Chondrite normalized REE-distribution in the investigated rocks

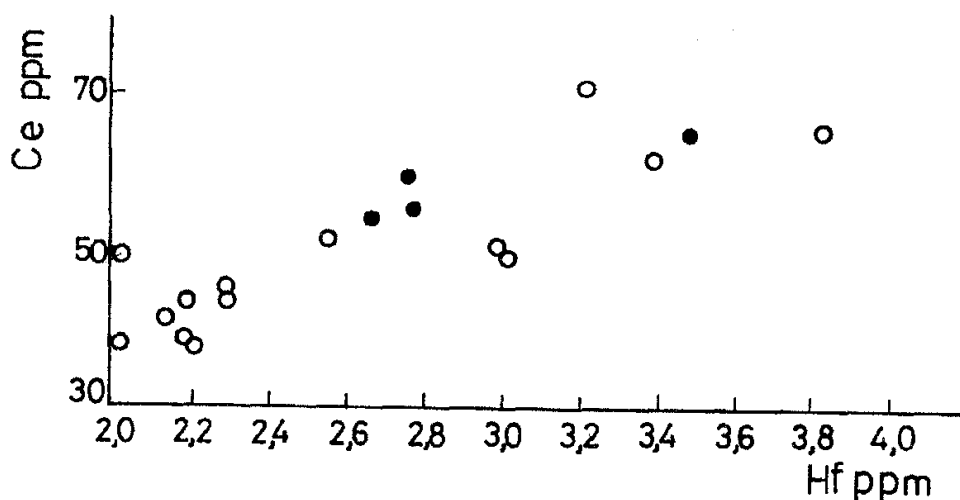
Таблица 2

Съдържание на РЗЕ, Th, Hf, Sc и Ta (g/t) в горнокредни магматити от Панагюрския вулcano-интрузивен район

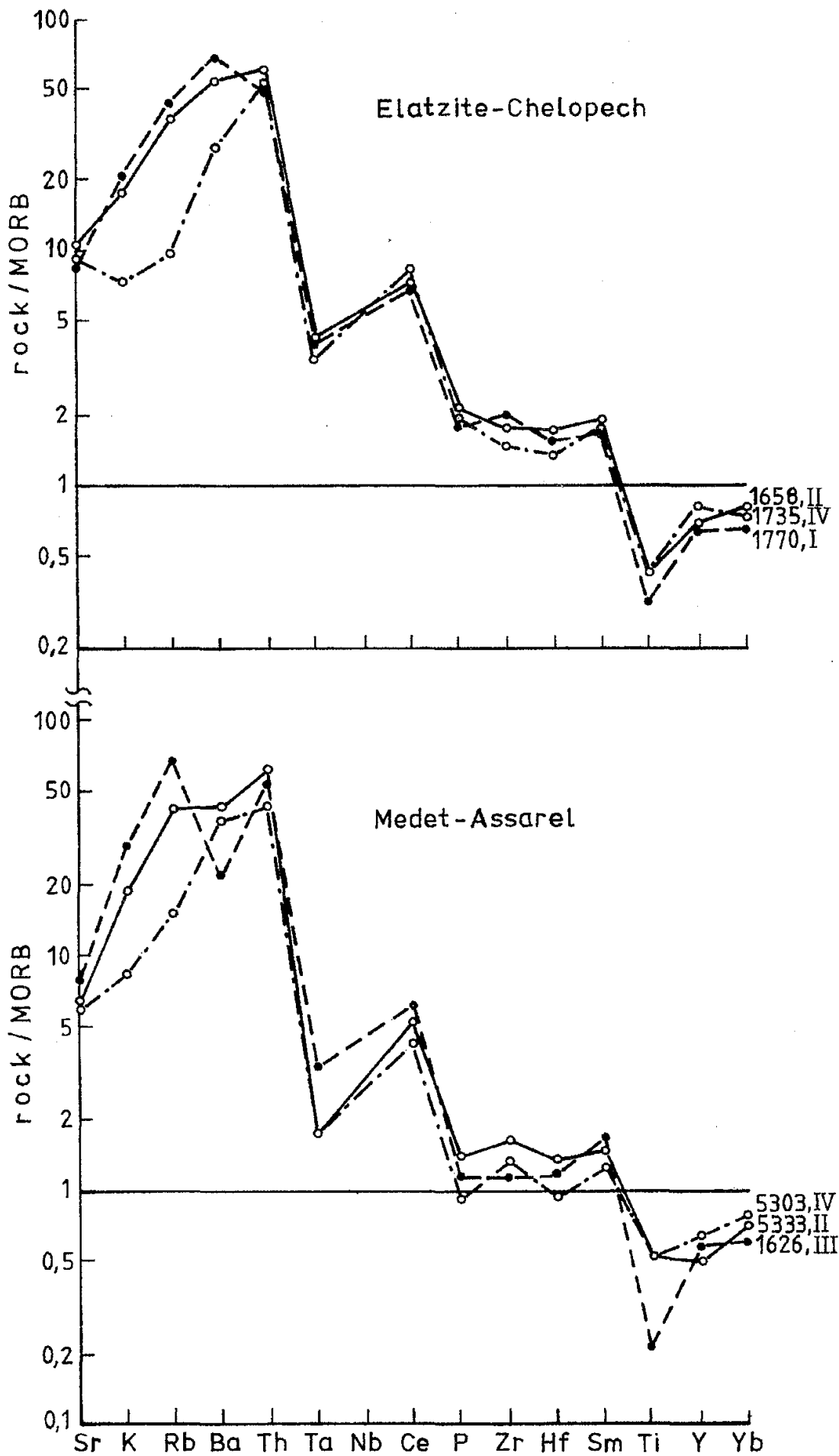
Table 2

REE, Th, Hf, Sc and Ta contents (g/t) in Upper Cretaceous magmatic rocks from Panagiurishte volcano-intrusive region

№	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Th	Hf	Sc	Ta
1770	34,5	64,9	16	5,4	1,27	1,1	2,1	0,36	9,42	3,48	5,71	0,7
1658	34,8	65,9	25	5,8	1,47	0,5	2,6	0,37	11,60	3,84	8,60	0,7
1735	38,7	72,4	37	5,7	1,42	1,2	2,5	0,35	9,78	3,23	8,05	0,6
5083 ^a	29,0	55,8	25	5,6	1,34	2,0	2,1	0,32	7,59	2,78	14,99	0,4
5032	28,3	54,8	11	3,9	0,86	0,9	2,1	0,30	11,50	2,68	5,26	0,7
5333	25,7	51,2	18	4,6	1,12	2,8	2,3	0,36	12,14	3,03	15,32	0,3
1723	22,6	43,6	13	4,2	1,24	1,2	2,2	0,32	7,39	2,30	17,74	0,6
52/72	20,9	49,7	9	4,6	1,21	1,2	2,4	0,28	9,33	3,06	23,48	0,4
1643	41,5	79,6	26	6,2	1,29	0,7	3,1	0,39	16,46	3,53	6,96	0,7
1626	32,8	60,9	22	5,2	1,22	1,3	2,0	0,34	11,03	2,76	5,60	0,6
5145	35,4	64,0	28	6,6	1,69	1,1	2,3	0,35	8,10	2,48	17,50	0,7
5303	21,9	41,7	19	3,9	0,98	0,6	2,6	0,33	8,38	2,15	2,77	0,3
1775 ⁶	19,6	38,9	11	3,8	1,00	0,6	2,0	0,34	7,01	2,20	19,88	—
5323	20,2	38,0	14	3,6	0,97	0,3	2,1	0,29	7,11	2,21	21,68	—
1651	29,9	49,1	27	2,7	0,61	1,6	1,9	0,27	14,37	2,07	2,77	0,3
2393	24,9	44,5	21	2,5	0,57	1,5	1,8	0,24	14,09	2,20	2,76	0,5
6657	21,4	38,6	—	2,3	0,60	0,1	1,7	0,27	9,60	1,97	3,68	0,2
2390	28,7	44,3	10	2,2	0,55	1,4	1,9	0,23	16,27	2,31	3,03	0,3
1715	27,5	52,7	29	3,4	0,8	0,5	1,7	0,28	11,56	2,56	4,84	0,4
1609	27,7	46,2	11	2,6	0,59	1,0	1,4	0,21	11,49	2,09	3,60	0,4
1624	30,2	62,3	27	5,2	1,29	0,5	2,3	0,29	11,92	3,40	7,36	0,4



Фиг. 6. Ce/Hf - корелация във вулканските и субвулканските скали от района
Fig. 6. Ce/Hf-correlation in the volcanic and subvolcanic rocks from the region



Фиг. 7. MORB-нормирано разпределение на редките и разсеяните елементи в магматити от отделните етапи на магматизма

Fig. 7. MORB-normalized pattern of trace elements in magmatites from the different magmatic stages

на РЗЕ-характеристики в сравнение с НКСА-скали с изключение на още по-ясно изразената отрицателна Eu-аномалия (0,53).

Една особеност за състава на РЗЕ в изследваните скали от трите ВИЦ е установената линейна корелация (фиг. 6) между съдържанието на Се и Hf. Тази корелация във вулкански скали между елементи с различни кристалохимични свойства показва, че процесите на корова контаминация по отношение на РЗЕ са били твърде ограничени и разпределението на РЗЕ в изследваните горнокредни магматити отразява характера на родоначалната магма (Б о р д и н, 1981).

Концентрациите на несъвместимите елементи и по-специално на LIL (Sr, K, Rb, Ba, както и Th) не показват пряка връзка с петрографската разновидност на изследваните скали. По отношение на магмената им сериалност обаче, в МАВИЦ се наблюдава характерното за подобни скали (Villari, 1980; Francalanci et al., 1989) обогатяване на LIL (с изключение на Ba) от TH към Ca, НКСА и SH-сериия. Разглеждани по отношение темпоралното развитие, същите елементи проявяват тенденция на намаление в съдържанията от по-ранните към по-късните етапи на магматизма. Същевременно HFSE (Ta, Zr, Hf, Ti, Y, Yb, Sc, Cr) имат приблизително еднакви съдържания както в отделните петрографски разновидности и магмени серии, така и в отделните етапи на магматизма в района. Най-добра представа за разпределението на редките и разсеяните елементи във вулкански дъгови скали дават MORB-нормираните им разпределения (фиг. 7). Тези криви показват съществено обогатяване на LILE спрямо HFSE, характерно за скали, образувани в субдукционна обстановка. При използване на описаната от Р e a r s e (1984) процедура за оценка приноса на мантийния, вътрешно-плочовия и субдукционния компонент в разпределенията, показани на фиг. 7, се установява, че най-голям принос за обогатяването на LILE има субдукционния компонент. При това субдукционното обогатяване на LILE намалява от по-ранните към по-късните етапи на магматизма в ЕЧВИЦ и МАВИЦ. Разпределението на HFSE е без съществени различия (фиг. 7).

Заклучение

В развитието на горнокредния магматизъм в ПВИР са разграничени четири магматични етапи: I — андезитодацидов (ценоман — 93 Ма); II — андезитобазалт-трахиандезитобазалтов (турон — 93—90 Ма); III — дацит-риодацитов (кониас-долен сантон — 91—83 Ма); IV — андезитобазалт-андезит-трахиандезитов (кампан — 82—65).

Съдържанията на редки и разсеяни елементи в горнокредните магматити не показват пряка връзка с темпоралното развитие на магматизма в района.

Не са установени съществени вариации в геохимичното поведение на РЗЕ и LILE за различните петрографски разновидности и фазиеси, което отговаря на нееднократното, с неголям замах на диференциация внедряване на тези скали и на тяхната комагматичност.

Установен е същественият принос на субдукционния компонент в обогатяването на Rb, Ba, Sr, K, Th спрямо Ta, Zr, Hf, Ti, Y и Yb. Това субдукционно обогатяване намалява от по-ранните към по-късните етапи на магматизма в ЕЧВИЦ и МАВИЦ.

Литература

- Алексиев, Е. 1969. Геохимия на редките земи в ларамийските плутони от Средногорието. — *Изв. Геол. инст., Сер. геохим., минер. и петрогр.*, **18**, 29 - 46.
- Богданов, Б. 1987. *Медните находища в България*. С., Техника. 388 с.
- Бородин, Л. 1981. *Геохимия главных серии изверженных пород*. М., Недра. 194 с.
- Бояджиев, С., Д. Матанов, З. Чубриев. 1988. Геохимия на редките земи и някои петрогенетични особености на неинтрузивите от Централно Средногорие. — *Год. Ком. геол.*, **28**, 127-147.
- Карагюлева, Ю., В. Костадинов, Ц. Цанков, П. Гочев. 1974. Строеж на Панагюрската ивица източно от р. Тополница. — *Изв. Геол. инст., Сер. геотект.*, **23**, 231-305.
- Моев, М., М. Антонов. 1978. Стратиграфия на горната креда в Източната част на Стъргелско-Челопешката ивица. — *Год. ВМГИ*, **23**, св. II - геол., 7-13.
- Цветков, К. 1976. Некоторые данные геолого-геофизической разведки о расположении меднопорфировых оруденений в Панагюрском районе. — *Пробл. рудообр.* 1. С., БАН, 191-198.
- Чипчакова, С., Я. Вапцарова. 1975. Новые данные о возрасте верхнемелового комплекса в Центральном Средногорье к востоку от город Панагюриште. — *Докл. БАН*, **28**, 5, 667-670.
- Чипчакова, С., П. Лилев. 1976. Об абсолютном возрасте верхнемеловых магматитов западной части Центрального Средногорья и связанных с ними оруденений. — *Докл. БАН*, **29**, 1, 101-104.
- Vossaletti, M., P. Manetti, A. Peccerillo. 1974. Hypothesis on the plate tectonic evolution of the Carpatho-Balkan arcs. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, **23**, 193-198.
- Vossaletti, M., P. Manetti, A. Peccerillo, G. Stanisheva - Vassileva. 1978. Late Cretaceous high-potassium volcanism in Eastern Srednogorie, Bulgaria. — *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **89**, 439-447.
- Coleman, R., Z. Peterman. 1975. Oceanic plagiogranite. — *J. Geophys. Res.*, **80**, 1099-1108.
- Dabovski, C., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavrudchiev, G. Stanisheva - Vassileva, Y. Yanev. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. — *Geologica Balc.*, **21**, 4, 3-15.
- Francalanci, L., P. Manetti, A. Peccerillo. 1989. Volcanological and magmatological evolution of Stromboli volcano (Aeolian Island): the role of fractional crystallization, magma mixing, crustal contamination and source heterogeneity. — *Bul. Volcanol.*, **51**, 355-378.
- Hamilton, W. 1988. Plate tectonics and island arcs. — *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **100**, 1503-1527.
- Pearce, J. A. 1984. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. — In: *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. C. J. Hawkeswoth, M. J. Norry, (Eds). Nantwich, Shiva publ. lim., 230-240
- Peccerillo, A., S. R. Taylor. 1976. Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. — *Contrib. Miner. Petrol.*, **58**, 63-81.
- Stanisheva - Vassileva, G. 1980. The Upper Cretaceous magmatism in Srednogorie zone, Bulgaria: A classification attempt and some implications. — *Geologica Balc.*, **10**, 2, 15 - 36.
- Villari, L. 1980. The Island of Filicudi. — *Rendiconti Soc. Ital. de Miner. e Petrol.*, **36**, 467-488.

Одобрена на 30.05.1997 г.

Accepted May 30, 1997