

Петрология на Дранговския плутон, Централни Родопи

Росен Недялков, Херцинта Белмустакова, Мария Овчарова, Митко Попов

Nedialkov, R., H. Belmustakova, M. Ovtcharova, M. Popov. 1998. Petrology of the Drangovo pluton, Central Rhodopes. - *Geochem., Mineral. and Petrol.*, 34, 111-124

Abstract. The Drangovo pluton is situated eastern from the town of Zlatograd. It is intruded in metamorphic rocks of amphibolite facies from the Kroumovishka unit (gneisses, marbles, amphibolites). The pluton is built up of biotite and amphibole-biotite granodiorites and two-mica granites. The xenoliths in granodiorites are from amphibole-biotite gneisses and amphibolites (metagabbrodiorites). Granitoids, often, are tectonized and changed in a greenschist state metamorphism. Schistosity of the granitoids is conform to the schistosity in host metamorphics.

Granodiorites are composed of slightly zoned oligoclase, microcline perthite, quartz, biotite and amphibole. Accessories are apatite, allanite, zircon, titanite. Greenshist metamorphic minerals are chlorite (replacing biotite and amphibole), quartz, epidote, garnet, calcite, sericite. The two-mica granites form aplitic and pegmatitic veins.

Plutonic rocks are calc-alkaline with normative quartz and hyperstene. Discrimination diagrams determine them as intruded in volcanic arc setting. Estimated are thermobaric limits of the plutonic formation, T 680-730°C and P 3.7-4.5 kbar. The granitoid magmatism is sin- to postkinematic.

Key words: granitoids, petrology

Address: R. Nedialkov - Sofia University, Faculty of Geology and Geography, 1000 Sofia, Bulgaria; H. Belmustakova, M. Popov - Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria; M. Ovtcharova - Geology and Geophysics Corporation, 1505 Sofia, Bulgaria, e-mail: r.ned@gea.uni - Sofia.bg

Ключови думи: гранитоиди, петрология

Адрес: Р. Недялков - Софийски университет, Геолого-географски факултет, 1000 София; Х. Белмустакова, М. Попов - Геологически институт, Българска академия на науките, 1113 София; М. Овчарова - „Геология и геофизика“ АД, 1505 София. e-mail: r.ned@gea.uni - Sofia.bg

Символи на минералите: Ac. M. - акцесорни миерали; Ab - албит; Amph - амфибол; An - анортит; Bt - биотит; Chl - хлорит; Cpl - целзиан; Ep - епидот; Gt - гранат; Kfs - калиев фелдшпат; Ms - мусковит; Or - ортоклаз; Pl - плагиоклаз; Pyr - пирит; Q - кварц; Ti - титанит

Увод

В първото описание, посветено на Дранговската интрузия, Николаев (1958)

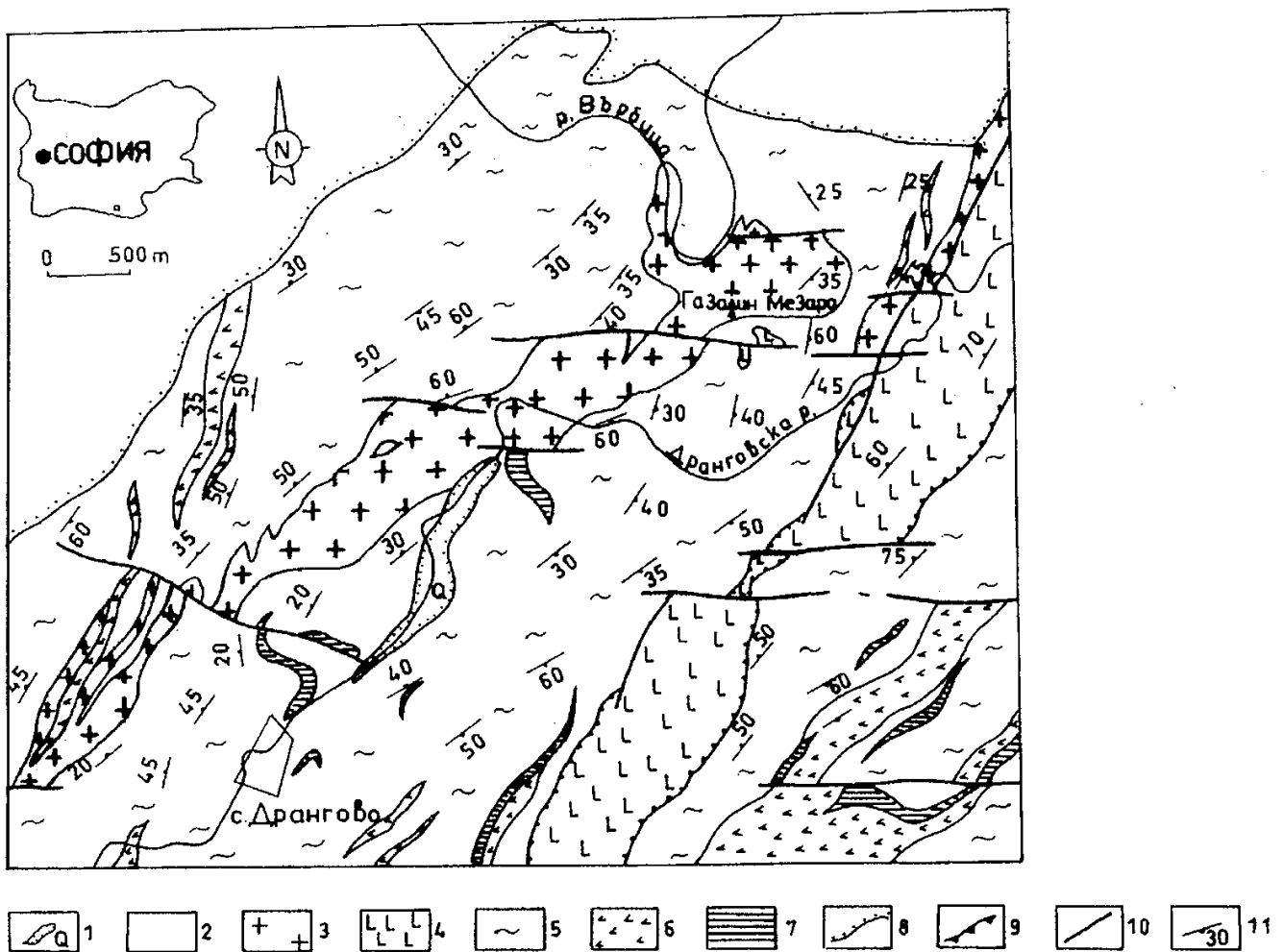
установява геоложкото положение и границите на плутона, означава скалите като биотитови и амфибол-биотитови гранити, локално и кварциорити, процепе-

ни от аплити и пегматити. Последните са разпространени и в сред вместиците метаморфни скали. Той предполага палеозойска възраст на формиране на гранита. Непубликувани данни за плутона се съдържат във фондови доклади от картировки на Комитета по геология в М 1:25 000 (1965). Кожухаров (1971) го отнася към „ларамийските“ интрузии. Аналогична възраст и сведения за геоложките взаимоотношения на плутона с вместиците метаморфити, за петрографските разновидности и контактния метаморфизъм се дават накратко в „Обяснителна записка...“ (1995), като се отбелязва, че специализирани изследвания върху гранитите не са извършвани. В

геодинамичния модел на Dabovski et al. (1991) плутонът е отнесен към предполагаемо горнокредните островодъгови магматити.

Геоложка позиция

Дранговският плутон се разкрива в южните части на Централните Родопи, Златоградско, северно от с. Дрангово и южно от с. Бенковски. Източно от вр. Газалин Мезаря, на границата с Яковичкия ултрабазичен масив гранитоидите са силно хидротермално променени и катаклазирани. Отделни по-малки тела и апофизи се наблюдават и западно от с. Дрангово. На много места в гранитите



Фиг. 1. Геоложка карта на района на с. Дрангово (по фондови материали на Саров и др., 1997): 1 - кватернер, алувий; 2 - палеогенски седименти; 3 - Дранговски гранитоиден плутон; 4 - серпентинизирани ултрабазити; 5 - биотитови гнайси и гнайсошисти; 6 - амфиболити; 7 - мрамори; 8 - пластично до крехко-пластично срязване; 10 - разломи; 11 - елементи на фолиация

Fig. 1. Geologic map of the Drangovo village area (after Саров и др., 1997): 1 - Quaternary, alluvium; 2 - Paleogene sediments; 3 - granitoides of the Drangovo pluton; 4 - serpentinized ultramafic rocks; 5 - biotite gneisses and schists; 6 - amphibolites; 7 - marbles; 8 - transgressif boundary; 9 - brittle and brittle-ductile shear; 10 - faults; 11 - foliation

се наблюдават ксенолити от вместващите скали (гнайси, мрамори и амфиболити северно от с. Дрангово), а също и пегматитови и аплитови жили с различна посока, тънки карбонатни и хлоритови прожилки.

В съвременното си разкритие плутонът представлява пластинообразно тяло, издължено в североизточна посока, с дължина около 4,5 km и площ около 3 km² (фиг. 1). Затъва полегато на северо-запад под наклон около 25°. В северната си част се покрива от приабонски седименти, в които има късове от гранита. Контактите с вместващите скали от Крумовишката единица (биотитови и двуслюдени гнайси, гнайсошисти, амфиболити и мрамори - по Саров и др. 1997 *) са секущи, но шистозността на скалите на плутона е конформна с тази на скалите от метаморфната рамка. Вместващите метаморфни скали локално са изпитали ретрограден метаморфизъм в зеленошистен фациес.

Петрографска характеристика

Дранговският плутон е изграден главно от гранодиорити и двуслюдени гранити. Всред гранодиоритите се наблюдават сплеснати и нашистени, предимно мезократни и по-рядко левкокатни и меланократни ксенолити. Скалите на плутона се пресичат от редки маломощни пегматитови кварц-фелдшпатови и аплитови жили, предимно в северната част на плутона.

Амфибол-биотитовите до биотитови гранодиорити, по-рядко монцогранити, изграждат основната маса на интрузивното тяло. Те са масивни мезо- до лев-

кократни скали със слабо проявена шистозност. Структурата им е най-често неравномернорънеста, бластопорфирна по плагиоклаза и калиевия фелдшпат и нематолепидогранобластна при основната маса. Рядко се наблюдава равномерно-среднорънеста хипидиоморфнорънеста структура с елементи на монцитонидна, както и брекчозна или милонитова (в северните части на плутона по долината на река Върбица).

Скалообразуващите минерали на гранодиоритите са в променливи количествени съотношения (табл. 1). Главни минерали са плагиоклазът, калиевият фелдшпат, амфиболът и кварцът. Плагиоклазът е представен от едри призматични индивиди с размери до 4mm и по-дребни изометрични зърна. Едрите зърна са слабозонални, изградени от олигоклаз An₁₆₋₂₂ (табл. 2). Калиевият фелдшпат е ксеноморфен микропертитен междинен микроклин, с ниска степен на подреденост (Al_{T1(0)} 0,315; Al_{T2(0)} 0,11), като в големите зърна има микроучастъци с неправилна форма, с отчетлива микроклинова решетка. Кварцът е дребнорънест ксеноморфен, с изометрични очертания. В брекчираните участъци показва вълновидно потъмнение. Биотитът е среднорънест, силно плеохроитен от наситено кафяв до сламеножълт. По химизъм (табл. 3) е магнезиев биотит (по Foster, 1960). Амфиболът е наситено синьозелен, плеохроира до сламеножълт. Според състава си (табл. 4) е магнезиев амфибол (по Leake, 1997). Акцесорните минерали са дългопризматичен до иглест апатит, титанит, аланит и циркон. На мономинерална фракция от циркон е приложена методиката на Pupin (1980). По типологични особености цирконите се групират както следва: L₃ - 24%; G₁ 16%; S₈ 16%; S₂ 12%; S₃ 10%; S₇ 8%; S₆ 4%; S₁₂ 4%; L₄ 2%; L₂ 2%; S₉ 2% (фиг. 2). Обобщените данни определят фигуративна точка на диаграмата за средните стойности на T и A (фиг. 3) в тренда (3) на интрузивните алуминиеви монцогранити и гранодиорити с преобладаващо коров произход, като температурата на криста-

* Саров Ст., М. Овчарова, Ем. Войнова, Б. Кунчева, Ив. Калинова, Б. Йорданов, Р. Маринова, Ал. Цветков, Д. Цветкова, Ил. Георгиева, Н. Марков. 1997. Доклад за резултатите от изпълнението на геоложка задача: „Геоложка картиране в М 1: 25 000, с комплексна прогнозна оценка на минералните ресурси в района на Златоград и сс. Кирково, Бенковски, Дрангово, Могилане, Припек и Поа (Източни Родопи)“. Геофонд, КГ.

Таблица 1

Модален минерален състав на скали от Дранговския плутон и ксенолити

Table 1

Modal mineral composition of Drangovo plutonic rocks and xenoliths

	SRDr-6a	SRDr-8g	SRDr-10	SRDr-2	SRDr-8a	SRDr-8ba	SRDr-8bb	SRDr-6b	SRDr-6c
Q	20	20	25	25	35	35	35	5	3
KFs	20	25	30	15	25	40	30	3	5
Pl	40	35	30	35	30	20	30	60	65
Amph	5	10	8	10	-	-	-	15	15
Bi	15	10	7	15	3	3	3	15	10
Ms	-	-	-	-	7	-	5	-	-
Ac. M.	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	2	2

SRDr-6a - гранодиорит в реката между сс. Дрангово и Чичево; SRDr-8g - монцогранит в р. Върбица; SRDr-10 - монцогранит в р. Върбица; SRDr-2 - гранодиорит северно от с. Дрангово; SRDr-8a - гранит-аплит в долината на р. Върбица; SRDr-8ba - пегматит в долината на р. Върбица; SRDr-8bb - гранит-аплит в долината на р. Върбица; SRDr-6b - ксенолит (амфиболит) - в реката между сс. Дрангово и Чичево; SRDr-6c - ксенолит (амфиболит) - в реката между селата Дрангово и Чичево

SRDr-6a - granodiorite in the river between the villages Drangovo and Chichevo; SRDr-8g - monzogranite in the river Varbitza; SRDr-10 - monzogranite in the river Varbitza; SRDr-2 - granodiorite 400 m north of the village of Drangovo; SRDr-8a - granite-aplite in the river Varbitza; SRDr-8ba - pegmatite in the river Varbitza; SRDr-8bb - granite-aplite in the river Varbitza; SRDr-6b - xenolith (amphibolite) in the river between the villages Drangovo and Chichevo; SRDr-6c - xenolith (amphibolite) in the river between the villages Drangovo and Chichevo

Таблица 2

Състав (тегл. %) и кристалохимични формули на фелдшпати (при O=8) от магмени скали и ксенолити

Table 2

Composition (wt. %) and structural formulae of feldspars (based on O=8) from magmatic rocks and xenoliths

	Гранодиорит				Гранит-аплит		Амфиболбититов гнайс			Метагабродиорит		
	SRDr-6a	SRDr-10	SRDr-6a	SRDr-10	SRDr-8a	SRDr-8a	SRDr-2a	SRDr-2a	SRDr-2a	SRDr6b	SRDr-6c	SRDr-6c
	Pl	Pl	Kfs	Kfs	Pl	Kfs	Pl1	Pl2	Kfs	Pl1	Pl2	Kfs
SiO ₂	61,44	63,32	63,01	62,94	67,42	63,17	61,22	62,85	63,20	62,22	61,08	64,83
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Al ₂ O ₃	25,66	22,34	20,13	18,28	20,43	16,40	23,66	23,30	18,45	22,50	23,60	16,43
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,23	0,00	0,00	0,18	0,00
MnO	0,00	0,00	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	5,14	4,09	0,00	0,00	1,16	0,49	3,68	4,50	0,00	4,66	5,38	0,47
Na ₂ O	7,80	9,78	0,68	0,26	11,07	0,91	10,41	8,69	0,69	10,00	9,22	0,00
K ₂ O	0,20	0,19	15,50	17,46	0,00	16,40	0,14	0,16	16,41	0,00	0,09	17,21
BaO	0,00	0,00	0,83	0,41	0,00	0,29	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00
Σ	100,24	99,74	100,36	99,52	100,09	97,66	99,46	99,76	99,57	99,38	99,55	99,14
Si	2,709	2,812	2,920	2,824	2,914	3,020	2,741	2,787	2,966	2,782	2,733	3,042
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
Al	1,333	1,169	1,099	1,144	1,084	0,924	1,249	1,218	1,021	1,186	1,245	0,909
Fe	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,009	0,000	0,000	0,007	0,000
Mn	0,000	0,000	0,007	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	0,243	0,195	0,000	0,000	0,083	0,025	0,177	0,214	0,000	0,223	0,258	0,024
Na	0,667	0,842	0,061	0,099	0,923	0,084	0,904	0,747	0,063	0,867	0,800	0,000
K	0,011	0,011	0,916	0,877	0,004	1,000	0,008	0,009	0,983	0,000	0,005	1,030
Ba	0,000	0,000	0,015	0,141	0,000	0,005	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000
An	26,4	18,6	0	0	5,5	2,3	16,2	22	0	20,5	24,3	2,2
Ab	72,4	80,4	6,2	2,2	94,5	7,6	83	77	5,9	79,5	75,3	0
Or	1,2	1	92,3	97,1	0	89,7	0,7	0,9	92,7	0	0,5	97,8
Cn	0	0	1,5	0,7	0	0,5	0	0	1,4	0	0	0

Таблица 3

Химизъм (тегл. %) и кристалохимични формули при $O = 22$ на биотити от скалите на Дранговския плутон и ксенолити в тях

Table 3

Chemical composition (wt. %) and structural formulae based on $O = 22$ of biotites from Drangovo plutonic rocks and xenolithes

No	Гранодиорит					Гнайс	Метагабродиорит			
	SRDr-1a	SRDr-9-11	SRDr-10	SRDr-10	SRDr-6a	SRDr-2a	SRDr-6b	SRDr-6b	SRDr-6b	SRDr-6b
SiO ₂	33,76	35,39	35,12	35,14	36,39	36,36	34,68	35,82	36,92	37,41
TiO ₂	1,29	1,53	1,63	1,32	1,19	1,23	1,4	1,49	1,20	1,37
Al ₂ O ₃	16,86	15,22	15,44	15,86	16,94	15,72	15,12	15,11	14,35	14,30
FeO	22,39	20,46	20,35	19,94	18,33	17,93	23,93	21,75	19,63	20,72
MnO	0,59	0,48	0,42	0,19	0,47	0,44	0,23	0,41	0,12	0,24
MgO	12,6	12,54	12,63	13,24	12,53	14,81	12,01	11,62	12,60	12,64
CaO	0	0	0,2	0	0,15	0	0,37	0	0	0
Na ₂ O	0	0	0	0,37	0	0	0	0	0	0
K ₂ O	8,39	10,45	9,63	9,85	9,79	10,17	8,5	9,84	10,36	9,20
Σ	95,91	96,11	95,46	95,94	95,83	96,66	96,27	96,06	95,21	95,92
Si	5,207	5,450	5,420	5,387	5,509	5,468	5,368	5,521	5,683	5,699
Al ^{IV}	2,793	2,550	2,580	2,613	2,491	2,532	2,632	2,479	2,317	2,301
Altot	3,065	2,762	2,808	2,865	3,022	2,786	2,758	2,745	2,603	2,568
Al ^{VI}	0,272	0,212	0,229	0,252	0,531	0,254	0,116	0,266	0,286	0,267
Ti	0,150	0,177	0,189	0,152	0,135	0,139	0,163	0,173	0,139	0,157
Mg	2,897	2,879	2,906	3,026	2,828	3,320	2,771	2,670	2,891	2,871
Fe	2,888	2,635	2,627	2,556	2,321	2,255	3,098	2,804	2,527	2,640
Mn	0,077	0,063	0,055	0,025	0,060	0,056	0,030	0,054	0,016	0,031
Ca	0	0	0,033	0	0,024	0	0,061	0	0	0
Na	0	0	0	0,11	0	0	0	0	0	0
K	1,651	2,053	1,896	1,926	1,907	1,951	1,679	1,935	2,027	1,788
<u>Mg</u>	50,1	52,2	52,5	54,2	54,9	59,6	47,2	48,8	53,4	52,1
Mg+Fe										

лизацията на циркона е около 680°C.

Епидотът (с кородирани контури) в повечето случаи обгръща идиоморфния аланит. В тези зърна относително ниските съдържания на титан и стойностите на пистацитовия компонент (табл. 5) го определят като магматичен (по Brandon et al., 1996). Хлоритът е развит изключително по биотита и амфибола. Представен е от пикнохлорит и рипидолит (според класификацията на Heu, 1954 - в Saggerson, Turner, 1982) (табл. 5). Всред гранодиоритите присъстват единични дребни зърна на гранат от ал-

мандин-гросуларовия ред. В малки количества в края на епигенетичното минералообразуване се образуват калцит, серицит и глинести минерали.

Скалите в милонитизирания участък (в долината на р. Върбица) са с ивичеста текстура и субпаралелна структура. Изградени са от сравнително едри, частично гранулирани кристали на плагиоклаз, микроклин и кварц, всред зърната матрица от кварц, фелдшпати и мусковит („mica fish“), изтеглени в субпаралелни ивици. Жили и прожилки от черен изотропен, оптически определен

Таблица 4

Химизъм (тегл. %) и кристалохимични формули при $O=23$ на амфиболи от скалите на Дранговския плутон и ксенолити в тях

Table 4

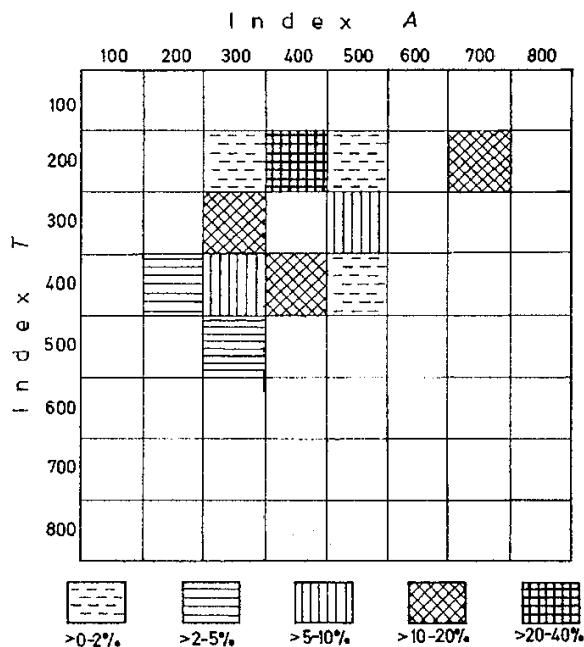
Chemical composition (wt. %) and structural formulae based on $O=23$ of amphiboles from Drangovo plutonic rocks and xenolithes

No	Гранодиорит		Амфиболбиотитов гнайс			Метагабродиорит		
	SRDr-6a	SRDr-6a	SRDr-2a	SRDr-2a	SRDr-2a	SRDr-6b	SRDr-6b	SRDr-6b
SiO ₂	44,90	46,00	45,89	47,72	45,40	42,7	43,14	41,38
TiO ₂	0,27	0,78	0,27	0,28	0,96	0,31	0,2	0,17
Al ₂ O ₃	8,55	7,47	8,62	9,28	9,39	10,88	10,17	10,68
FeO	18,77	19,46	17,10	13,79	17,05	22,07	20,76	23,09
MnO	0,26	0,50	0,65	0,58	0,65	0,35	0,38	0,39
MgO	11,01	10,63	12,70	13,27	12,02	8,76	10,2	8,64
CaO	12,02	12,04	11,72	10,68	12,14	11,15	10,72	11,36
Na ₂ O	1,07	0,00	0,00	1,01	0,57	0,96	1,74	0,94
K ₂ O	1,23	1,31	1,13	1,14	0,88	1,3	1	1,19
Σ	98,13	98,22	98,11	97,81	99,11	98,51	98,35	97,87
Si	6,670	6,800	6,710	6,875	6,564	6,339	6,361	6,211
Al ^{IV}	1,330	1,302	1,290	1,122	1,436	1,661	1,639	1,789
Al ^{VI}	1,497	1,404	1,486	1,577	1,601	1,904	1,768	1,89
Al ^{VI}	0,168	0,102	0,195	0,455	0,164	0,243	0,129	0,1
Ti	0,030	0,087	0,030	0,030	0,104	0,035	0,022	0,019
Fe ⁺³	0,734	0,863	0,825	0,679	0,979	1,279	1,393	1,495
Mg	2,438	2,343	2,767	2,850	2,590	1,938	2,241	1,933
Fe ⁺²	1,598	1,543	1,266	0,983	1,082	1,461	1,167	1,403
Mn	0,033	0,063	0,081	0,071	0,080	0,044	0,047	0,05
SUMFM	13,000	12,990	13,164	13,068	13,000	13,000	13,000	13,000
Ca	1,913	1,907	1,836	1,649	1,881	1,774	1,694	1,827
NaM4	0,087	0,000	0,000	0,282	0,119	0,226	0,306	0,173
Na tot	0,308	0,000	0,000	0,282	0,160	0,276	0,497	0,274
Na-A	0,222	0,000	0,000	0,000	0,040	0,05	0,191	0,1
K	0,233	0,247	0,211	0,210	0,162	0,246	0,188	0,228
SUM-A	0,455	0,247	0,211	0,210	0,203	0,296	0,379	0,328
Fe ³ /(Fe ³ +Fe ²)	0,315	0,350	0,394	0,409	0,475	0,467	0,544	0,516
Mg/(Mg+Fe ²)	0,396	0,4	0,314	0,256	0,295	0,57	0,658	0,579

псевдотахилит (по Вилъямс, Тернер, Гилберт, 1985) частично следват направлението на ивиците. Освен това, по микропукнатини псевдотахилитът прониква и пресича реликтовите кристали, което допълнително придава мрежовиден облик на структурата.

Двуслюдените гранити са левкократ-

ни скали с шистозна до масивна текстура. Структурата им е неравномерноръзнеста бластопорфирна по плагиоклаза и алотриоморфноръзнеста на основната маса или средно-равномерноръзнеста алотриоморфноръзнеста. В някои участъци саличните минерали са натрошени и наситнени в резултат на

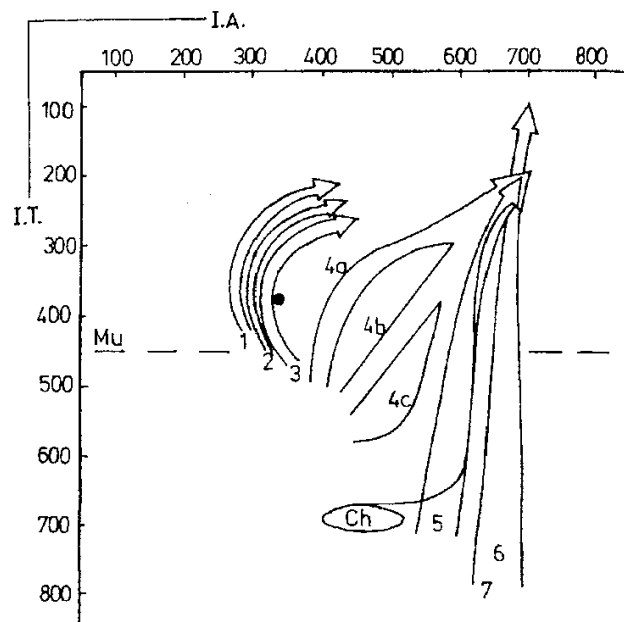


Фиг. 2. Типологична честота на разпределение на популацията от циркони от гранодиоритите на Дранговския плутон

Fig. 2. Typologic frequency distribution of the zircon population from granodiorites of the Drangovo pluton

метаморфната обработка.

Главните скалообразуващи минерали са плагиоклазът, калиевият фелдшпат и кварцът в променливи количества (табл. 1). Плагиоклазът в порфирите едебелопризматичен, рядко зонален, Al_{12-16} . Калиевият фелдшпат е микроклин. Има микропертитен строеж с непостоянно развита микроклинова решетка - от ясно проявена в малките зърна до петниста в големите. Кварцът е с вълновидно потъмнение. Биотитът е кафявозелен, представен от редки тънки люспи и безформени маси. Мусковитът формира значителни по размер и количество кристали. По относително високите си съдържания на Ti (фигуративните точки на мусковитите на диаграмата Ti-Fe-Mg по Speer, 1984) изследваните мусковити съответстват на първичните магматични разновидности. Акцесорни минерали са едрият аланит (до 1%) и прашестият руден минерал. Вторични са множеството едри мирмекити, хлорит по биотита и малко глинести минерали по плагиоклаза.



Фиг. 3. Средна стойност на I.T и I.A за цирконите от гранодиоритите от Дранговския плутон на диаграмата за типологични еволюционни трендове (TET) за цирконовите популации. Гранити с коров или преобладаващо коров произход: 1 - алуминиеви левкогранити; 2 - субавтохтонни монцогранити и гранодиорити; 3 - интрузивни алуминиеви монцогранити и гранодиорити. Гранити с корово-мантиен произход, (хибридни): 4 - гранити от калциево-алкалната серия; 5 - субалкални гранити. Гранити с мантиен или преобладаващо мантиен произход: 6 - алкални гранити; 7 - толеитови гранити. Ch - поле на магматичните чарнокити, Mu - граница на мусковитовите гранити

Fig. 3. Mean point of I.A, I.T for the zircon population from granodiorites of the Drangovo pluton on the diagram of the Typological Evolutionary Trends (TET) for the zircon populations. Granites of crustal or mainly crustal origine: 1 - aluminous leucogranites; 2 - (sub)autochthonous monzogranites and granodiorites; 3 - intrusive aluminous monzogranites and granodiorites. Granites of crustal + mantle origine, hybrid granites: 4 - calc-alkaline series granits; 5 - sub-alkaline series granites. Granites of mantle or mainly mantle origine: 6 - alkaline series granites; 7 - tholeiitic series granites. Ch - magmatic charnockites area, Mu - limite of the muscovite granites.

Ксенолити

Подробно са изследвани два типа най-често срещани ксенолити в гранодиорита - амфибол-биотитов гнайс и амфиболит (метагабродиорит?). Ксенолитите от метагабродиорит са меланократни до мезократни с шистозна до масивна текстура, слабо метаморфозирани, с ле-

Таблица 5

Химичен състав (тегл.%) и кристалохимични формули на мусковити, хлорити, гранати и епидоти от скали на Дранговския плутон

Table 5

Chemical composition (wt. %) and structural formula of muscovites, chlorites, garnets and epidotes from Drangovo plutonic rocks

	Мусковит		Хлорит			Гранат		Епидот		
	SRDr-8a	SRDr-8a	SRDr-6c	SRDr-8a	SRDr-6a	SRDr-10	SRDr-1a	SRDr-6c	SRDr-6a	SRDr-2a
SiO ₂	34,36	47,01	26,65	24,78	28,42	39,40	39,79	37,96	38,42	38,71
TiO ₂	0,71	0,62	0,00	0,13	0,14	0,08	0,07	0,00	0,06	0,13
Al ₂ O ₃	34,36	35,04	17,21	23,35	19,03	24,13	24,30	23,21	25,60	24,82
Fe ₂ O ₃								14,25	13,75	12,47
FeO	2,32	2,36	25,92	28,83	23,20	13,87	13,02			
MnO	0,00	0,00	0,25	0,59	0,57	0,37	0,43	0,00	0,00	0,19
MgO	0,77	0,32	18,27	11,18	16,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,21	0,08	22,27	22,08	24,18	22,68	22,64
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	11,19	10,86	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,13	0,00	0,11
Σ	95,63	96,23	88,32	89,11	88,47	100,15	99,72	98,35	99,13	97,85
Преизчислен	към 22 O		към 28 O			към 24 O		към 13 O		
Si	5,370	6,220	2,808	2,618	2,933	6,010	6,070	3,133	3,114	3,172
Al ^{IV}	2,630	1,780	1,192	1,382	1,067					
Al ^{VI}	3,700	3,684	0,946	1,524	1,248	4,340	4,340	2,259	2,444	2,399
Ti	0,083	0,062	0,000	0,010	0,011	0,009	0,006	0,000	0,003	0,007
Fe ³⁺								0,88	0,83	0,76
Fe ²⁺	0,303	0,261	2,284	2,547	2,002	1,770	1,660			
Mn	0,000	0,000	0,022	0,053	0,050	0,050	0,060	0,000	0,000	0,013
Mg	0,179	0,063	2,870	1,761	2,549	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	0,000	0,000	0,000	0,024	0,009	3,640	3,610	2,139	1,970	1,989
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	2,231	1,833	0,000	0,000	0,058	0,000	0,000	0,013	0,000	0,013
Ps								28,2	25,5	24,2

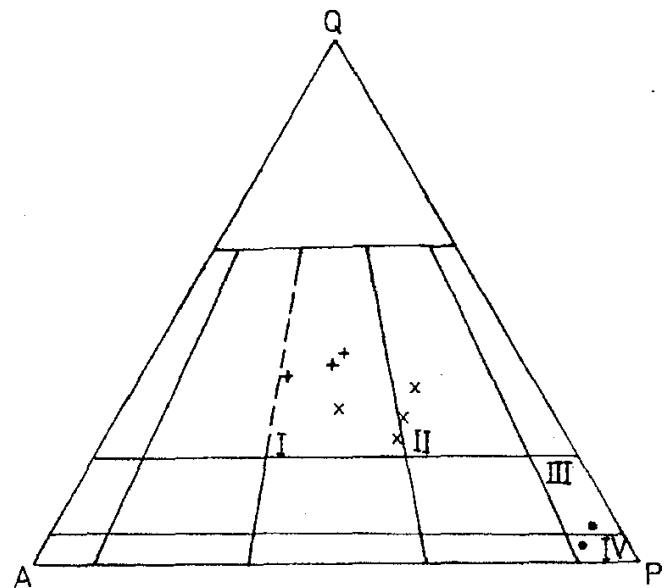
$$Ps = Fe^{3+}x 100/(Fe^{3+} + Al)$$

пидогранобластна хомеобластна структура, на места пойкилобластна.

Главни скалообразуващи минерали (табл. 1) са идиоморфен слабозонален олигоклаз An₂₀₋₂₆ с размери до 4 mm, интерстициален междинен микроклин и дребнозърнест кварц, който заедно с ксеноморфен биотит и амфибол с изометрични очертания (рядко слабо удължени призматични индивиди) изгражда агрегати с неправилни очертания. По химизъм (табл. 3) биотитът е магнезиев до железист (по Foster, 1960), а амфиболът е чермакит (по Leake, 1997), със слаби вариации в количеството на желязото (табл. 4). Акцесорните минерали са в малко количество, представени от апатит, рядко циркон и единични едри кристали (до 2 mm) от титанит. Вторични минерали са епидотът (с Ps компонент отговарящ също на предполагаемо

магматично кристализирал), хлоритът по биотит и амфибол, калцитът, рудният минерал (пирит), серицитът и глинестите минерали, развити по фелдшпатите.

Структурата на включението от амфибол-биотитов гнайс е неиздържана в пространството. Наблюдават се участъци с едрозърнест до порфирииден зонален олигоклаз An₁₆₋₂₂ (40%), агрегати от кварц (20%) и отделни ксеноморфни зърна калиев фелдшпат (10%). Други участъци са изградени от субпаралелно ориентирани ивици от дребнозърнест плагиоклаз и кварц с множество мирмекити и неправилни прекъснати ивици от синьозелен амфибол и кафявозелен биотит. Амфиболът и биотитът са в приблизително равни количества и формират общо 30% от скалата. По химизъм (табл. 4) амфиболът е обикновен магнезиев амфибол (по Leake, 1997), а биотитът (табл. 3) е магнезиев (по Foster, 1960).



Фиг. 4. Модална класификация на гранитоидите на Дранговския плутон (по Streckeisen, 1973): Полета: I - монцогранит; II - гранодиорит; III - кварцдиорит, кварц-съдържащо габро; IV - диорит, габро. Условни знаци за фигури 4, 5, 6, 8, 9, 10: · - амфиболит (метабродиорит); x - гранодиорит; + - гранит - аплит

Fig. 4. Modal classification of the granitoids of the Drangovo pluton (after Streckeisen, 1973): Fields: I - monzogranite; II - granodiorite; III - quartz diorite, quartz-bearing gabbro; IV - diorite, gabbro. Symbols for figures 4, 5, 6, 8, 9, 10: · - amphibolite (metagabbrodiorite); x - granodiorites; + - granite-aplite

Петрохимия

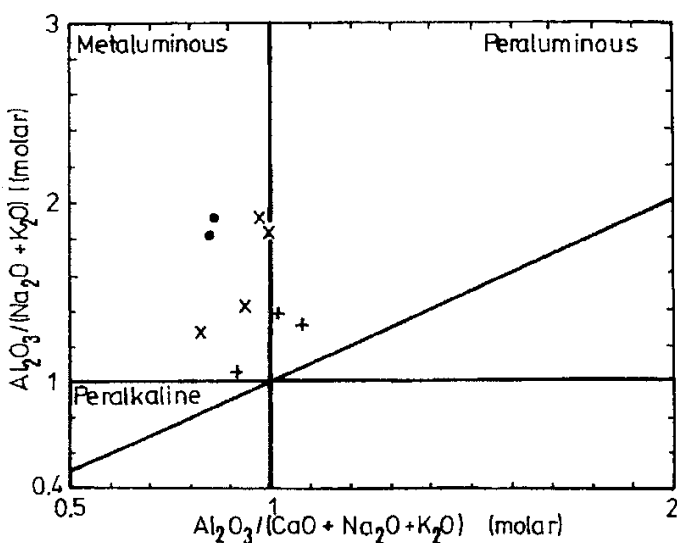
Скалите на Дранговския плутон по модален състав се класифицират като гранодиорити и монцогранити (по Strekeisen, 1973 - фиг. 4). Двуслюдените гранити попадат в полето на гранитите.

По химизъм (Класификация и номенклатура..., 1981) два от гранодиоритите са с нормална алкалност с подчертана натриева тенденция (табл. 6); другите два попадат в полето на кварцсиенитите (фиг. 5). Доколкото в модалния им състав преобладава плагиоклазът над калиевия фелдшпат, задължителна е модалната им класификация като гранодиорити. Калциево-алкалният характер е преобладаващ за тази магма.

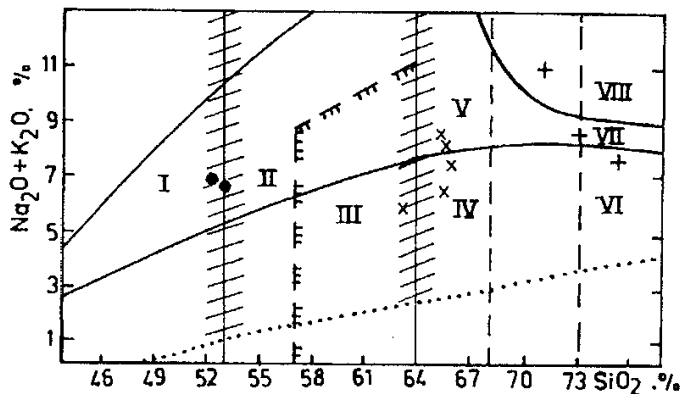
Биотит-мусковитовите гранити по химизъм се класифицират като левкогранити (фиг. 5), с нормална до повишена алкалност и калиева тенденция.

Еволюцията на магмата от гранодиоритите към гранит-аплитите се характеризира с обратна корелация на SiO_2 с TiO_2 , FeO , MgO , CaO , P_2O_5 и Al_2O_3 и права с K_2O .

Нормативният състав (изчислен по CIPW) на скалите от плутона показва наличие на кварц и хиперстен за гранодиоритите и малко количество нормативен корунд в двуслюдените гранит-аплити. Това определя гранитоидите главно като метаалуминиеви (фиг. 6).

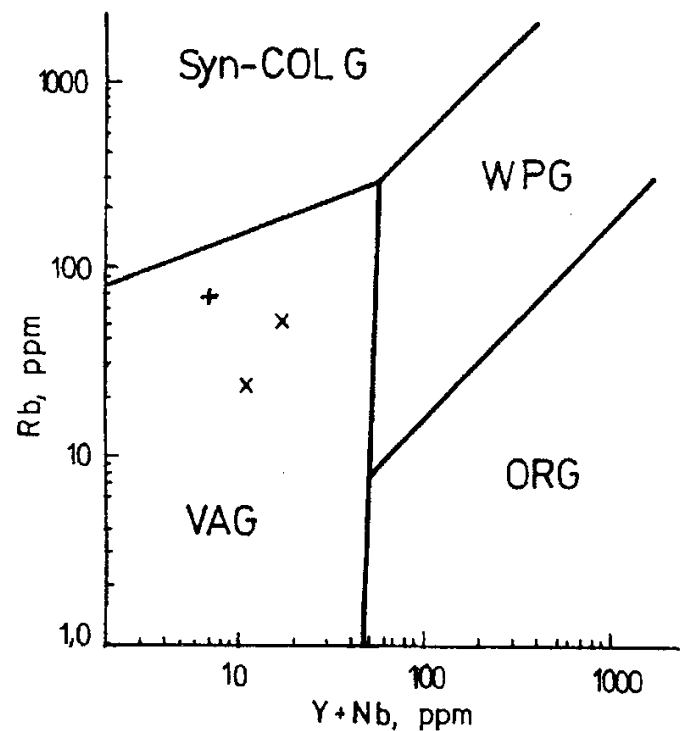


Фиг. 6. Диаграма за разграничаване на гранитоидите по тяхната алуминиевост (по Maniar, Piccoli, 1989)
Fig. 6. Maniar, Piccoli (1989) discrimination diagram for granitoids



Фиг. 5. SiO_2/Na_2O+K_2O класификационна диаграма (по Класификация и номенклатура..., 1981) за скалите от Дранговския плутон: Полета: I - субалкални габроиди; II - субалкални диорити; III - кварцдиорити; IV - гранодиорити; V - кварцсиенити; VI - левкогранити; VII - субалкални левкогранити; VIII - алкални левкогранити

Fig. 5. SiO_2/Na_2O+K_2O classification diagram (after Класификация и номенклатура..., 1981) for the rocks from Drangovo pluton: Fields: I - transitional gabbroids; II - transitional diorites; III - quartz diorites; IV - granodiorites; V - quartz sienites; VI - leucogranites; VII - transitional leucogranites; VIII - alkaline leucogranites



Фиг. 7. Rb/Y+Nb дискриминационна диаграма за тектонската обстановка на магматизма (по Pearce et al., 1984): VAG - островнодъгови гранити; Syn-COLG - синколизийонни гранити; WPG - вътрешноплочови гранити; ORG - океански рифтови гранити

Fig. 7. Tectonic setting Rb vs. Y+Nb discrimination diagram (after Pearce et al., 1984): VAG - volcanic arc granites; Syn-COLG - syncollisional granites; WPG - within plate granites; ORG - ocean ridge granites

Таблица 6

Макро- (тегл. %) и микрокомпонентен състав (ppm) на скалите от Дранговския плутон

Table 6

Major (wt. %) and trace element (ppm) composition of rocks from the Drangovo pluton

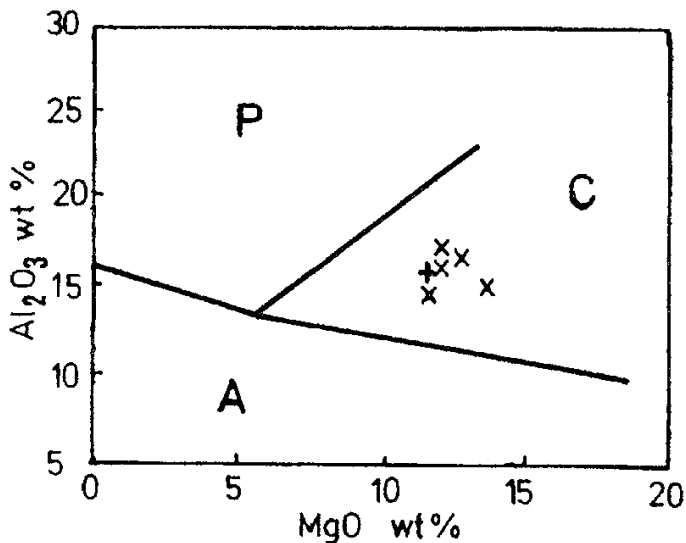
No	Гранодиорити					Двуслюдени гранити			Ксенолити	
	SRDr-2	SRDr-8g	SRDr-6a	SRDr-10	3323	SRDr-8ba	SRDr-8bb	SRDr-8a	SRDr-6c	SRDr-6b
SiO ₂	63,59	65,1	65,5	65,89	66,45	71,21	73,04	75,24	52,63	53,16
TiO ₂	0,68	0,47	0,45	0,41	0,4	0,03	0,03	0,11	1,78	1,5
Al ₂ O ₃	16,35	15,83	16,88	16,14	16,5	14,67	14,85	13,54	18,49	18,47
Fe ₂ O ₃	1,33	0,91	0,83	0,7	0,39	0,74	0,35	0,16	2,68	3,24
FeO	3,02	2,74	1,84	2,71	2,5	0,97	0,67	0,86	4,31	4,2
MnO	0,06	0,06	0,04	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,09	0,1
MgO	2,65	1,9	1,99	1,82	1,69	0,34	0,41	0,74	4,7	4,39
CaO	4,44	3,62	4,15	3,14	3,72	1,03	1,25	1,85	6,31	6,42
Na ₂ O	4,04	5,38	4,58	4,58	4,87	3,77	3,5	3,5	4,85	4,55
K ₂ O	1,8	3,37	1,56	3,61	1,67	7,22	5,3	3,85	2,05	2,04
P ₂ O ₅	0,29	0,25	0,03	0,2	0,22	0	0,01	0,16	0,24	0,24
H ₂ O-	0,13	0,09	0,1	0,08	0,3	0,04	0,07	0,07	0,11	0,08
LOI	1,56	0,72	1,71	0,56	0,7	0,11	0,26	0,35	1,79	1,67
Σ	99,94	100,44	99,62	99,89	99,44	100,13	99,77	100,43	100,12	99,96
A/KNC	1,01	0,83	0,94	0,98	0,995	0,92	1,08	1,02		
F/F+M	0,61	0,65	0,56	0,65	0,63	0,83	0,71	0,57		
Cr	43	23	40	16	20	5	5	6	9	9
Ni	58	20	16	52		8	7	5	7	5
Co	12	10	11	7		5	5	9	25	23
Sc			4,3					1,3	11,5	9,7
Cu	22	20	10	18		24	5	4	19	16
Pb	16	27	27	27	24	84	55	41	10	10
Zn	106	80	76	70		18	18	18	32	260
Rb	31	46	21	49	48	124	72	68	34	31
Ba	1250	1750	633	600	780	210	110	671	373	642
Sr	410	390	719	320	734	110	100	337	763	787
Li	19	20	13	20		3	3	4	32	27
Nb			3		7			3	17	13
Zr			103		155			41	102	66
Y			9		11			6	28	22
La			24					6,8	16,5	17
Ce			52					16,2	40	37,9
Sm			5,8					2	4,6	4,9
Eu			1					0,35	1,26	1,1
Gd			6					2,3	5,1	5,1
Yb			3,1					1,3	2,9	2,7
Lu			0,41					0,18	0,38	0,35

F/F+M = FeO_t/FeO_t+MgO; A/KNC = Al₂O₃/K₂O + Na₂O+CaO (mol.)

На дискриминантната диаграма Rb/(Y+Nb) (фиг. 7) фигуративните точки на гранодиоритите и двуслюдените гранит-аплити попадат в полето на островнодъговите гранити. Този извод се поддържа и от веществените характеристики на биотитите. На дискриминационната диаграма Al₂O₃/MgO (фиг. 8), фигуративните им точки попадат в полето на калциево-алкалните предимно I

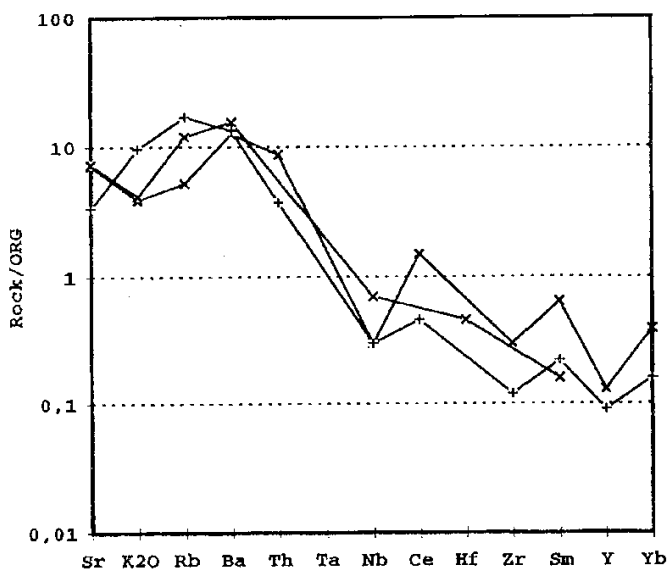
- тип орогенни гранити. ORG - нормализираните спайдерграми (фиг. 9) за гранодиоритите и гранит-аплитите от Дранговския плутон са аналогични на тези на островнодъговите гранити в Ямайка (Pearce et al., 1984) с характерно обогатяване на Sr, K₂O, Rb, Ba, Th. Хондрит-нормализираните диаграми на разпределение на редкоземните елементи (р.з.е.) за скалите от плутона (фиг.

10) показват относително слабо обогатяване на леките р.з.е. спрямо тежките (отношението La/Yb варира между 5,2 и 3,5) и наличие на ясно изявена отрицателна европиева аномалия. Сумата на

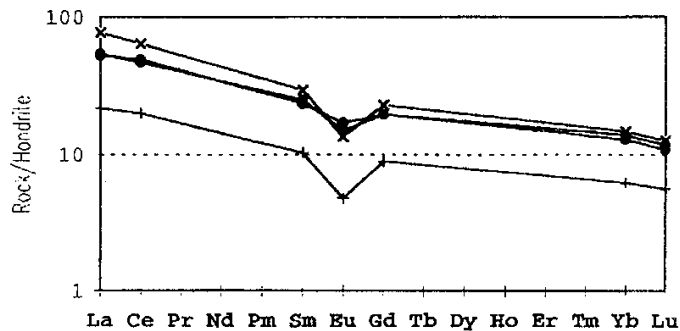


Фиг. 8. Al_2O_3/MgO дискриминационна диаграма за гранитоиди по състава на биотитите (по Abdel-Rahman, 1994): P - биотити от пералуминиеви серии (S-тип); A - биотити от гранитоиди в анорогенни обстановки; C - биотити от калциево-алкални орогенни серии

Fig. 8. Al_2O_3 vs. MgO discrimination diagram based on the composition of biotites (after Abdel-Rahman, 1994): P - biotite in peraluminous (including S-type) suites; A - biotite in anorogenic alkaline suites; C - biotite in calc-alkaline orogenic suites

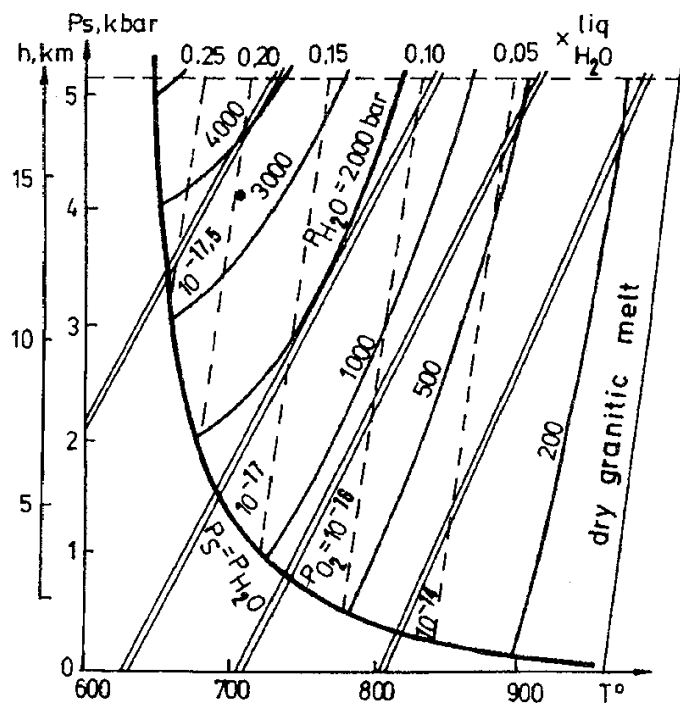


Фиг. 9. ORG нормализирани спайдерграми (по Pearce et al., 1984) на разпределение на микроелементите и K_2O от скали на Дранговския плутон
Fig. 9. ORG normalised distribution (after Pearce et al., 1984) of the trace elements and K_2O of the rocks from the Drangovo pluton



Фиг. 10. Хондрит-нормализирани диаграми на разпределение на редкоземните елементи за скали от Дранговския плутон
Fig. 10. Chondrite-normalized distribution of REE for rocks from the Drangovo pluton

р.з.е. при гранит-аплитите е явно пониска в сравнение с тази на гранодиоритите. Това най-вероятно се дължи на ранна кристализация на акцесорните минерали (главни концентратори на р.з.е.) при гранодиоритите и обедняването на р.з.е. в остатъчната топилка, послужила за образуването на аплит-пегматитовата фаза.



Фиг. 11. Диаграма за оценка на термодинамичните условия на кристализация на амфибол-биотитови гранитоидни интрузиви (по Перчук, Федкин, 1976)
Fig. 11. Diagramm for estimation of thermodynamic conditions of crystallization of amphibole-biotite granitoids (after Перчук, Федкин, 1976)

Термобарометрия

За установяване на P-T условията на образуване са използвани съставите на минералите на един гранодиорит (SRDr-6a) и на ксенолити (SRDr-2a - амфибол-ботитов гнайс; SRDr-6b - метагабродиорит) в гранодиорита. Налягането при кристализацията на амфиболите от гранодиорита се изчислява по амфиболовия барометър на Schmidt (1992) на 3,7 и 4,1 kbar. По амфибол-плагиоклазовия барометър на Ферштатер (1990) то е 3,9 - 4,1 kbar. Температурата на кристализация, изчислена по амфибол-плагиоклазовия геотермометър на Blundy, Holland (1990), е в диапазона 690-730°C. По разпределението на мангана между равновесните амфибол и биотит (по Панях, Федорова, 1973) се определя температура 700-720°C.

Малко по-високо налягане се изчислява за включението от амфибол-биотитов гнайс - 4 kbar (по Schmidt, 1992) и 4,6 kbar (по Ферштатер, 1990). Значително по-високо е налягането за метагабродиорита - 5,4-6 kbar (по Schmidt, 1992; Ферштатер, 1990). Температурата за гнайсовия ксенолит е 675-730° и 750-760°C за включението от метагабродиорит (изчислени по Blundy, Holland, 1990). Въз основа на изчисленото литостатично налягане средно от 4 kbar и температура 710°C ориентировъчно са определени и други параметри на магмената кристализация. По диаграмата (фиг. 11) се намира парциалното налягане на водата - 3,4 kbar и фугитивността на кислорода - 10-17,4 kbar (непосредствено над кварц-магнетит-фаялитовия буфер). Това са параметри на кристализация на гранитоидите при относително ниски температури и фугитивност на кислорода, под влияние на значително парциално налягане на водата.

Дискусия

Наличието на реликтови магматични текстури и структури при гранодиоритите, монцогранитите и двуслюдените

гранити и определените термобарични параметри са указание за магматична кристализация на гранитоидите при относително висок воден потенциал и температура около 700°C.

Наличието на метаморфни структурни и текстурни особености при магматитите и по-нискотемпературната парагенеза (хлорит - епидот - гранат - карбонат - пирит) говори за това, че ретроградният зеленошистен метаморфизъм е засегнал и гранодиоритовото тяло. Наличието на пластични и крехки деформации, засягащи скалите на интрузията, дават основание да се предположи син- до посткинематичния характер на нейното образуване. Запазването на някои типично магматични характеристики на магматитите от плутона ни дават основание да предположим непродължително метаморфно въздействие.

Дранговският гранитоиден плутон може да се разглежда като внедрен в тектонска обстановка на островна дъга с надебелена континентална земна кора. Повечето от минераложките, петрохимичните и геохимичните характеристики на изследваните гранитоиди ги отнасят към I - тип гранити (присъствие на амфибол и титанит, калциево-алкален и метаалуминиев характер на магмата, $Al/Na+K+Ca < 1,1$, наличие на базични ксенолити). Противоречащо на така определения тип при дранговските гранитоиди е отсъствието на магнетит, наличието на магматичен мусковит при двуслюдените гранити, както и слабоизразения пералуминиев характер на част от последните. В съответствие с петрогенетичната класификация (по Barbarin, 1990), по своите комплексни петрографски, минераложки и петрохимични характеристики, дранговските гранитоиди са междинни между SSI - тип (що се отнася до двуслюдените гранити - корови колизионни до пост-колизионни пералуминиеви интрузивни гранитоиди) и предимно HSA - тип (калциевоалкални, орогенни, синсубдукционни гранитоиди със смесен корово-мантиен произход). Тази нееднозначност на веществените характе-

ристики на скалите от изследвания плутон вероятно се дължи на по-продължителна прединтрузивна корова еволюция на магмата на относително по-голяма дълбочина, което може да се предположи от наличието на магматичен епидот и ниската фугитивност на кислорода. Вероятно в тази насока е повлиял и последвалият застиването на плутона зеленошистен метаморфизъм, засегнал скалите от района.

Благодарности. Изследването е осъществено благодарение на финансовата подкрепа на НФНИ, проект НЗ-641.

Литература

Иванов, В. 1970. О влиянии температуры и химической активности калия на состав биотита в гранитоидах. - *Изв. АН СССР, сер. геол.*, 7, 20-30.

Кожухаров, Д. 1971. Структурни комплекси и структурни планове в Източнородопския блок. - В: Йовчев, Й. (Ред.) *Тектонски строеж на България*. С., Техника, 99-127.

Николаев, Г. 1958. Геология на околностите на селата Бенковски и Дрангово - Момчилградско. - *Год. МГИ*, 4, кн. 2 - геол., 25-55.

Панеях Н. А., М. Е. Федорова. 1973. Равновесие роговая обманка - биотит в гранитоидах. - *Вестн. Моск. Унив., сер. геол.*, 4, 94-98.

Перчук, Л. Л., В. В. Федкин. 1976. Температурный и газовый режим формирования гранитоидов. - В: Маракушев А. А (Ред.) *Термодинамический режим метаморфизма....* Л., Наука, 97-105.

Ферштатер, Г. Б. 1990. Эмпирический плагиоклаз - роговообманковый барометър. - *Геохимия*, 3, 328-335.

Классификация и номенклатура магматических горных пород. 1981. Ред. О. А. Богатилов, Н. П. Михайлов, В. И. Гоньшакова. М., Недра, 160с.

Обяснителна записка към картен лист

"Кърджали" на геоложка карта на България в М: 1:100 000. 1995. Ред. Д. Кожухаров, И. Боянов. С., КГМР „Геология и Геофизика“ - АД.

Abdel-Fattah M. A. Abdel-Rahman. 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas. - *J. Petrol.*, 35, 2, 525-541.

Barbarin, B. 1990. Granitoids: main petrogenetic classification in relation to origin and tectonic setting. - *Geol. J.*, 25, 227-238.

Blundy, J. D., J. B. Holland. 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole - plagioclase geothermometer. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 104, 208-224.

Brandon, A., R. Creaser, Th. Chacko. 1996. Constraints on rates of granitic magma transport from epidote dissolution kinetics. - *Science*, 271, 1845-1848.

Dabovski, Ch., 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, 3-17.

Foster, M. D. 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. - *US Geol. Surv. Prof. Pap. (Washington)*, 354-B, 11-49.

Leake, B. E. 1997. Nomenclature of amphiboles; report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals names. - *Eur. J. Mineral.*, 9, 623-651.

Maniar, P.D., P.M. Piccoli. 1989. Tectonic discrimination of granitoides. - *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 101, 635-643.

Pearce, J., B. Harris, A. Tindle. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. - *J. Petrol.*, 25, 4, 956-983.

Pupin, J. P. 1980. Zircon and granite petrology. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220.

Rock, N. M. S. 1987. A FORTRAN program for tabulating and naming amphibole analysis according to the International Mineralogical Scheme. - *Miner. Petr.*, 37, 79-88.

Saggerson, E. P., L. M. Turner. 1982. General comments on the identification of chlorites in thin sections. - *Mineral. Mag.*, **46**, 469-473.

Schmidt, M. W. 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in hornblende barometer. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, **110**, 304-310.

Speer, J. A. 1984. Micas in igneous rocks. - In:

Bailey, S. W., P.H. Ribbe (Eds.). *Micas. Reviews in Mineralogy*, **13**, 299-356.

Strekeisen, A. 1973. Plutonic rocks classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. - *Geotimes*, **18**, 10, 26-31.

Приема на 7.05.1998 г.

Accepted May 7, 1998