

Rb-Sr и U-Pb изотопни данни за Рило-Родопския батолит

Ирена Пейчева, Юрий Костицин, Екатерина Салникова, Борислав Каменов, Ласло Клайн

Peytcheva, I., Y. Kostitsin, E. Salnikova, B. Kamenov, L. Klain. 1998. Rb-Sr and U-Pb isotope data for the Rila-Rhodopes batholith. - *Geochem., Mineral. and Petrol.*, 35, 93-105

Abstract. Rb-Sr and U-Pb isotope investigations of the Rila-Rhodopes granitoids have been performed in order to generate ideas for their age and magma sources.

The new presented data and field observations broadly confirmed our previously reported notions for the petrological and geochemical diversity of the granitoids. Three rock types are distinguished. Type 1 is a hornblende-biotite and biotite granodiorite and rarely granite with plastic deformations such as a metamorphic foliation and a mineral lineation. Type 2 is mainly a biotite granite and rarely a two-mica leucogranite. The fabric peculiarities of the deformed types 1 and 2 are in line with the schistosity of the country rocks. Type 3 is a fine-grained leucocratic granite occurring as small stocks or vein-like aplitoid granitoids.

First type granitoids - Grancharitsa and Belmeken bodies - are with mixed crustal-mantle magma source and represent an older synmetamorphic pluton with an age of ~80 Ma, U-Pb zircon method.

Ages of 42 Ma, U-Pb zircon method, and 35-37 Ma, Rb-Sr isochrones, have been determined for the second and respectively third type granitoids. Isotope-geochemical data suggest magma generation during the late- to postorogenic Alpine extension. The granites reveal mixed crustal-mantle features, but with greater involvement of crustal component, than the Late Cretaceous bodies.

Comparisons with the Pirin plutons, believed to be mainly crust-derived, emphasize the striking peculiarity of the Rila-Rhodopes batholith with its low strontium ratios. Similar to the investigated granitoids is the Elatia pluton showing even lower strontium characteristics and having probably higher mantle contribution. The isotope data evidence that even granitoids with closed ages could differ in magma generation mechanism and composition.

Key words: West Rhodopes, granites, U-Pb zircon dating, Rb-Sr isochrones

Addresses: I. Peytcheva - Earth and Man National Museum, 4 Cherny Vruh, 1421 Sofia, e-mail: irena@museum.web.bg; Y. Kostitsin - IMGRE, 15 Veresaeva str., 121357 Moscow; E. Salnikova - IGGR, 2 Nab. Makarova, 199034 Saint Petersburg; B. Kamenov, L. Klain - Sofia University, GGF, 1000 Sofia

Увод

Предлаганите на вниманието на читателите изотопни данни за гранитоидите на Рило-Родопския батолит са част от едно по-голямо изследване на петроложките и геохимични особености на тези скали и на тяхната геоложка еволюция във времето. Въпреки че

в работата се изказват мнения по дълго дискутирани в българската литература въпроси, като генетичната им връзка с други гранити от Южна България, образуването им като фази на един батолит или през различно време, без генетична връзка помежду им и др., вниманието е концентрирано върху изотопните данни и тяхното

коректно тълкуване. В последваща публикация, касаеща новите петроложки и геохимични данни за гранитоидите, авторският колектив се надява да представи развитието на дискусиите по някои от споменатите въпроси.

Настоящото изследване цели с помощта на Rb-Sr и U-Pb изотопни методи и с използване на натрупания фактически материал за поведението на изотопните системи да даде своя принос в изясняване на проблема с възрастта на Рило-Родопските гранитоиди и изложи идеи за характера на материалите, участвали в генерирането на магмата, връзката на гранитоидите с регионалния метаморфизъм и други гранитоиди от Южна България. Според авторите то представлява продължение на по-ранни научни изследвания, всяко от тях със свой принос в изучаването геологията на района.

Геоложки особености и опробване

Гранитоидите на Рило-Родопския батолит се разкриват върху голяма площ в Западните Родопи и Рила. Разделянето им на Рилски и Родопски има само географски смисъл. Настоящите изследвания са концентрирани върху разкритията в Западните Родопи, но са проведени наблюдения и изследвания и в Рилската част на батолита.

Рило-Родопският батолит е внедрен сред метаморфитите на Родопския кристалин. Най-пълни данни за геологията и петрографията му могат да се намерят в статията на Вълков и др. (1989). В развитие на идеята за многофазния характер на магматизма (Вергилов и др., 1961; Кожухаров, Иванов, 1961), авторите разглеждат батолита като геоложко тяло, изградено от четири разновъзрастни фази, отличаващи се по своите петрографски, структурни и петрохимични особености. Първата фаза е представена от най-старите гранитоиди - гранодиорити, кварцдиорити, плагиогранити. Втората фаза е образувана от средно до едрозърнести биотитови гранити и скалите преобладават по обем. Третата фаза включва дребнозърнести гранити до плагиогранити, изграждащи няколко щока. Четвъртата фаза е представена от аплитовидно-пегматоидни гранити, образувани

малки тела с неправилна форма.

Относно произхода на гранитоидите от Западнородопския батолит е издигнато мнението, че те са производни на богата на вода гранитоидна магма. Формирането на гранитните тела се е осъществило в абисални до мезоабисални условия (Арнаудова, Арнаудов, 1982).

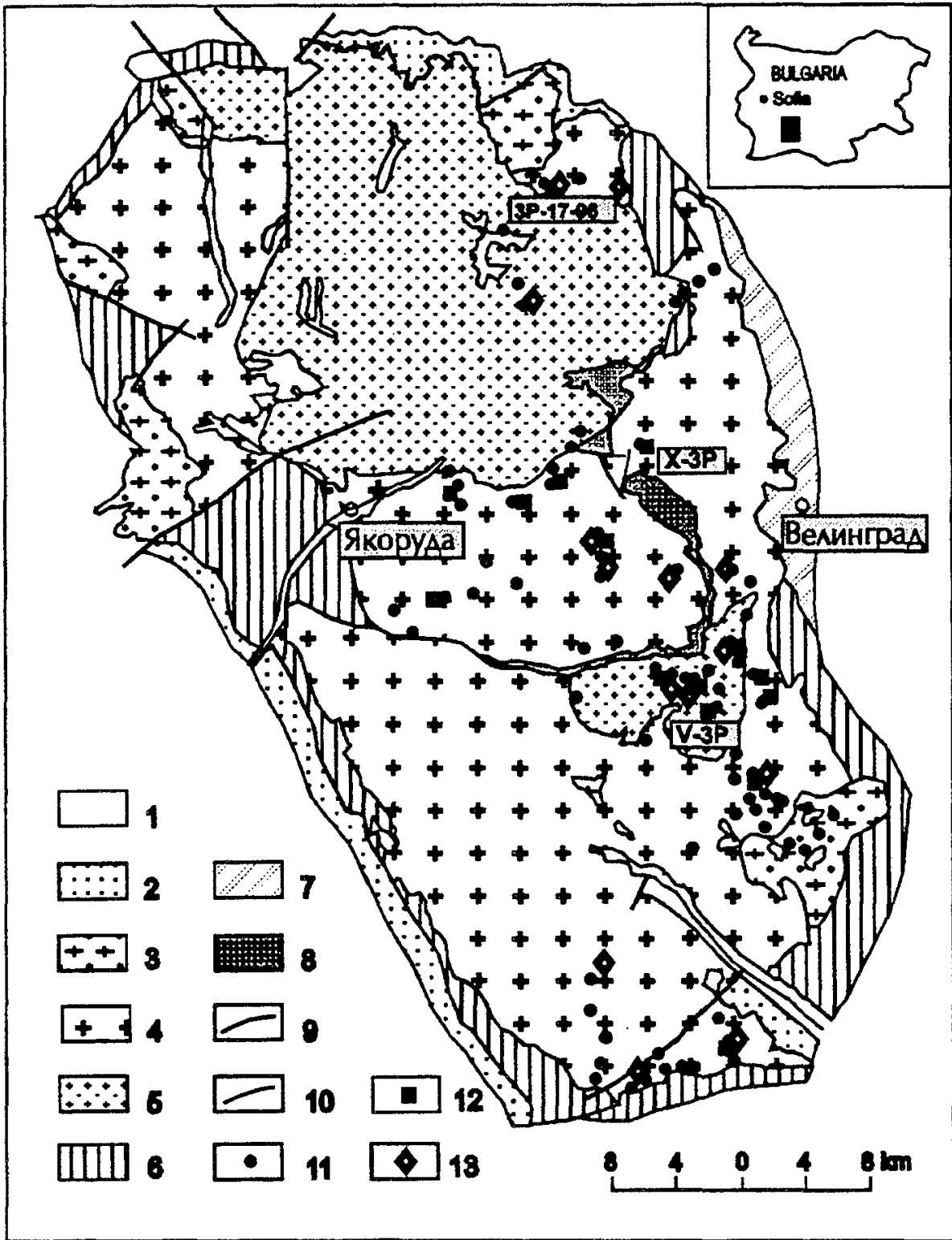
Проведеното опробване е в съответствие с представата за многофазово образуване на гранитоидите (фиг. 1). Новите теренни наблюдения, микроскопски и химични анализи позволиха разграничаването на три гранитоидни типа, които се различават по минераложки, геохимични и изотопни особености (Каменов и др., 1997).

Първи тип е представен от грубозърнести, неравномернозърнести и понякога порфирни, меланократни амфибол-биотитови и биотитови гранодиорити и порядко гранити. Ясно изразени са белези на наложени метаморфни изменения - минерална линейност по подреждането на кварц-фелдшпатови ивици, амфиболони биотитови индивиди и метаморфна фолиация.

Втори тип са равномернозърнести, мезократни, главно биотитови гранити и порядко двуслюдени гранити. Масивните тестури преобладават, но се срещат и редки порфири от албитизиран плагиоклаз или калиев фелдшпат. Гранитоидите от втори тип са най-обемно представени в батолита и изграждат повече от 70% от площта на съвременните разкрития.

На някои места - напр. южно и югозападно от Велинград, гранитоидите първи и втори тип са пластично деформирани. Шистозността е полегато затъваща (10-25) на ССЗ-ССИ (340-35) и е напълно конформна във всички скали, които от по-ранните автори (Вергилов и др., 1960; Вълков и др., 1989) са отделяни като първа и втора фаза на Западнородопския батолит. По същия начин са деформирани и послойни и секущи аплитовидни жили.

Наблюдаваните синкинематични критерии за определяне посоката на срязване показват ЮЮИ-ЮЮЗ насоченост на синтектонския транспорт, която съвпада с тази на направлението на синметаморфното срязване във вместиращите скали. Тези



Фиг. 1. Схематична геоложка карта на Рило-Родопския батолит (по Вълков и др., 1989; Вергилов и др., 1961). 1 - Кватернерни седименти; 2 - Палеогенски седименти и вулкански скали; 3-5 Гранитоиди: 3 - III тип (аптитоидни гранити); 4 - II тип (биотитови и биотит-мусковитови гранити); 5 - I тип (биотитови и амфибол-биотитови метагранодиорити); 6-7 метаморфити: 6 - метаморфити от Родопска надгрупа; 7 - метаморфити от Прародопска надгрупа; 8 - Бабек-Грашевска дислокационна зона; 9 - разломи; 10 - литоложки граници; 11-13 - места на опробване: 11 - проба за минералого-петрографски изследвания; 12 - проба за изкуствен шлих; 13 - проба за Rb-Sr изотопен анализ

Fig. 1. Schematic geological map of Rila-Rhodopes Batholith (after Valkov et al., 1989; Vergilov et al., 1961). 1 - Quaternary sediments; 2 - Pg sediments and volcanic rocks; 3-5 granitoids: 3 - III type granitoids (pegmatoid-aplitic); 4 - II type granitoids (Bi- and Bi-Ms granites); 5 - I type granitoids (Bi- and Amf-Bi metagranodiorites); 6-7 metamorphites: 6 - metamorphites of the Rhodope Supergroup; 7 - metamorphites of the Prarhodopian Supergroup; 8 - Babek-Grashevskia dislocation; 9 - faults; 10 - lithologic boundary; 11-13 sample localities: 11 - mineral-petrographic sample; 12 - heavy mineral sample; 13 - sample for Rb-Sr investigation

факти насочват кам извода, че пластичните деформации, предизвикващи нашествияването на гранитоидите от първи и втори тип, както и образуването на минералната линейност на разтягане, протичат при запазена ориентировка на силовото поле, действащо по време на метаморфните изменения в рамката.

Тип III са дребнозърнести, левкократни, биотитови гранити и микрогранити, с редки порфири от К-фелдшпат или аплитоидни мусковитови или двуслюдени гранити, срещащи се като малки щокове, лещи и жилни тела.

Границите на отделените типове съвпадат най-общо с отделените от Вылков и др. (1989) фази (фиг. 1), като III и IV фаза са обединени в един общ тип.

Методика

Предварителната подготовка на пробите включва следните операции: цялото количество проба се натрошава и смела до размер под 0,5 mm и от него се отделя средна проба, предназначена за химични и изотопни изследвания. Трошачките и мелачките се почистват щателно след всяка проба, за да се избегне кръстосаното замърсяване. Средна проба от 2-3 g се стрива в ахатов хаван и 0,010-0,050 g се използват за изотопния Rb-Sr анализ. От нестритата проба се отделят мономинерални фракции от циркон, фелдшпат, биотит, амфибол, като се използват различията в относителното тегло и електричните им свойства.

Химичната подготовка на пробите и изотопния Rb-Sr анализ са проведени в Изотопната лаборатория на ИМГРЭ, Москва през 1996-1997 г. Използвана е стандартната методика на хроматографско фракциониране на Rb и Sr. Изотопният анализ е проведен на масспектрометър МИ 1201Т в двулентъчен (Re-Re) режим. Определенията на Rb/Sr отношения се извършени по метода на изотопното разреждане с помощта на смесен трасер $^{84}\text{Sr} + ^{85}\text{Rb}$. Това позволява Rb/Sr отношения да се определят с вероятна грешка не по-лоша от 1% и едновременно да се измери изотопния състав на стронция с вероятна

грешка по-добра от 0,01%.

U-Pb изотопен анализ на циркони от две проби на гранитоиди първи и втори тип се проведе в ИГГД, Петербург на масспектрометър FINIGAN MAT 261. Измерени са общо 7 размерни фракции циркон. Използван е конвенционалният метод на химическа подготовка и изотопни измервания. Вероятната грешка в определението на U/Pb отношение представлява 0,6%.

Статистическата обработка на изохроните е извършена по метода на Йорк (York, 1966) и Лудвиг (Ludwig, 1990).

Изотопно-геохимични данни

Възраст на Рило-Родопския батолит

При определяне възрастта на магмените скали се използват геоложките им взаимоотношения със скали, чиято възраст е известна и подходящи изотопно-геохронологички методи.

Върху гранитите на Рило-Родопския батолит трансгресивно и дискордантно залежат палеогенски седименти и вулканити и определят тяхната възраст като допалеогенова. Гранитоидите са внедрени сред метаморфити на кристалинния фундамент, изграждащ Родопите. Възрастта на тези метаморфити е спорна и не е непосредствено определяна. Pb-Pb моделна възраст Т 235 млн. г. на калиев фелдшпат от деформирани пегматити в района на с. Пастра (Рила планина) (Arnaudov, 1975) насочва към домезозойска възраст поне на част от вместващите скали, а следователно и към следпалеозойска възраст на гранитите. Скалните взаимоотношения позволяват и извода, че недеформираните гранити първи и втори тип са следметаморфни.

В табл. 1 е направено обобщение на публикуваните изотопно-геохронологички данни за възрастта на гранитоидите от Рило-Родопския батолит. Всички определения свидетелстват за алпийско време на внедряване на гранитоидите и техните аплити и пегматити и основателно се приемат от Арнаутов (1979) като тяхна възраст. Използваните изотопни методи - предимно K-Ar и моделни Pb-Pb определения, са неподходящи за скали с наложени промени (в случая пластична деформация на първи тип и

Таблица 1

Обзор на публикуваните изотопни данни за възрастта на гранитоидите от Рила-Родопския батолит

Table 1

Review of published isotope data about the age of Rila-Rhodopes batholith

N	Място на опробване	Гранитна фаза	Вид скала	Анализиран минерал/скала	Брой проби	Изотопен метод	Възраст (млн. г.)	Литературен източник
1	Околностите на с. Бабяк	II	дребнозърнест Ви-гранит	биотит	1	K-Ar	37±3	Палъшин и др., 1974
2	Зап. Родопи	II		биотит	8	K-Ar	36-50	Бояджиев, Лилов, 1976
	Рила	II	Ви-гранит	биотит	9	K-Ar	32-62	Бояджиев, Лилов, 1976
	Рила	I	Amf-Vi гранит	биотит	7	K-Ar	36-50	Бояджиев, Лилов, 1976
	Зап. Родопи	I	Amf-Vi гранит	биотит	2	K-Ar	36-48	Бояджиев, Лилов, 1976
	Вищерица	II	пегматит	мусковит	1	K-Ar	50	Бояджиев, Лилов, 1976
	4 км южно от Велинград	II	пегматит	биотит	1	K-Ar	41	Бояджиев, Лилов, 1976
	Рила	II	пегматити	биотит	1	K-Ar	48	Бояджиев, Лилов, 1976
3	Вищерица	II	пегматит	мусковит	1	K-Ar	46	Бояджиев, Лилов, 1976
	СЗ Рила	II	пегматит	KFs	2	K-Ar	42	Бояджиев, Лилов, 1976
	с.Пастра,Благовградско			циртолит	1	U-Th-Pb	50±5	Арнаудов и др., 1969
4	СЗ Рила (Урдини езера, Седемте езера)	II	Мi-Ab-пегматити	уранинит	2	U-Pb (мод.)	135±15	Арнаудов и др., 1969
				циртолит	1		120±10	
				мусковит	3	Следи от спонтанно делене на U	от 56±5 до 66±8	Арнаудов и др., 1980
5	Вищерица	II	пегматити	KFs (Mi)	3	Pb-Pb	50	Арнаудов и др., 1974
6	Юндола	II	Ви-гранит	WR	1	K-Ar	48	Йорданов и др., 1962
	Рила, с.Осеново	II	Ви-гранит	мусковит	1	K-Ar	68	Йорданов и др., 1962
7	Рила, "Белият улук"		пегматит	ортит	1	Th-Pb	58	Йорданов, Н., 1957
8	Рила, Родопи		пегматити	циркон	3	U-Pb	38-120	Арнаудов и др., 1989
	Рила, Родопи		пегматити	уранинит	2	U-Pb	49-53	Арнаудов и др., 1989
9	СЗ Рила	II	Ms-Olg пегматити	KFs		Pb-Pb	130	Arnaudov, 1975
	СЗ Рила	II	Mi-, Mi-Ab-, десилицирани и скарнови пегматити	KFs		Pb-Pb	50	Arnaudov, 1975

Таблица 2

Rb-Sr изотопни данни за минерали и средни проби (WR) от гранитоиди на Рило-Родопския батолит

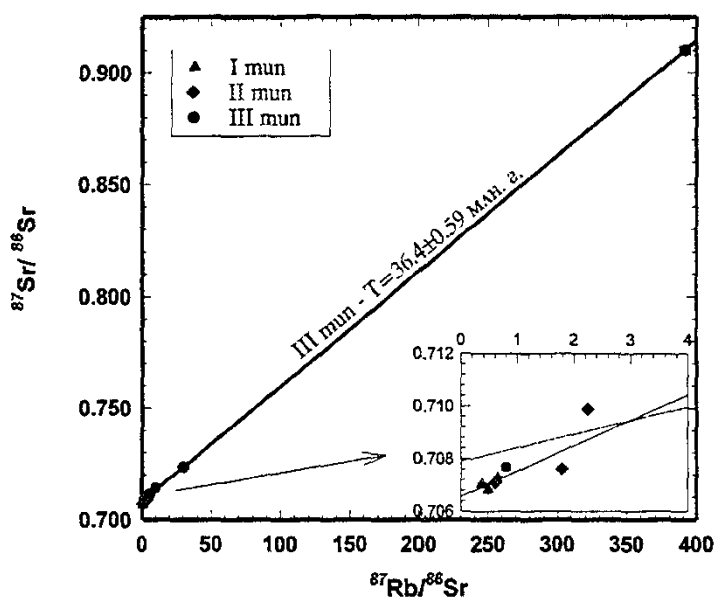
Table 2

Rb-Sr isotope data for minerals and whole rock (WR) samples of the Rila-Rhodopes batholith

N по ред	Проба N	Тип гранити	Минерална фракция, отн. тегло	Съдържания, ppm		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
				Rb	Sr				
1	IIЗР/96	I	WR	120	717	0,4848	0,005	0,70681	0,00003
2	IVЗР/96	I	WR	94,6	726	0,3767	0,004	0,70703	0,00005
3	VЗР/96	I	WR	129	581	0,6434	0,006	0,70725	0,00005
4	XЗР/96	II	WR	88,2	417	0,6115	0,006	0,70709	0,00006
5	XIIIЗР/96	II	WR	133	216	1,7824	0,018	0,70760	0,00009
6	XIVЗР/96	II	WR	155	200	2,2419	0,022	0,70987	0,00004
7	IIIЗР/96	III	WR	317	30,4	30,16	0,302	0,72345	0,00005
8	VIIЗР/96	III	WR	67,7	916	0,2138	0,002	0,70551	0,00005
9	ЗР-6-96	III	WR	228	130	5,090	0,051	0,71005	0,00009
10	ЗР-7-96	III	WR	556	4,11	391,4	3,91	0,91003	0,00010
11	ЗР-9-96	III	WR	131	891	0,4255	0,004	0,70550	0,00020
12	ЗР-5b-96	III	WR	135	498	0,7988	0,008	0,70767	0,00012
13	ЗР-10-96	III	WR	211	109	5,607	0,056	0,71133	0,00020
14	ЗР-3b-96	III	WR	192	118	4,692	0,047	0,70982	0,00006
15	ЗР-8c-96	III	WR	258	74,2	10,054	0,105	0,71416	0,00008
16	ЗР-17-96	I +aplite	KFs, 2,40-2,45	9,47	1233	0,0222	0,0002	0,70669	0,00011
17	ЗР-17-96	I +aplite	KFs, 2,45-2,50	12,2	1287	0,0275	0,0003	0,70667	0,00008
18	ЗР-17-96	I +aplite	KFs, 2,50-2,55	8,3	1325	0,0181	0,0002	0,70633	0,00026
19	ЗР-17-96	I +aplite	Bi, 2,9-3,0	981	27	105,0	1,05	0,76044	0,00007
20	ЗР-17-96	I +aplite	Bi, 3,0-3,1	906	28,5	91,8	0,92	0,75525	0,00023
21	ЗР-17-96	I +aplite	Amph	11,7	44,9	0,7543	0,008	0,70668	0,00039

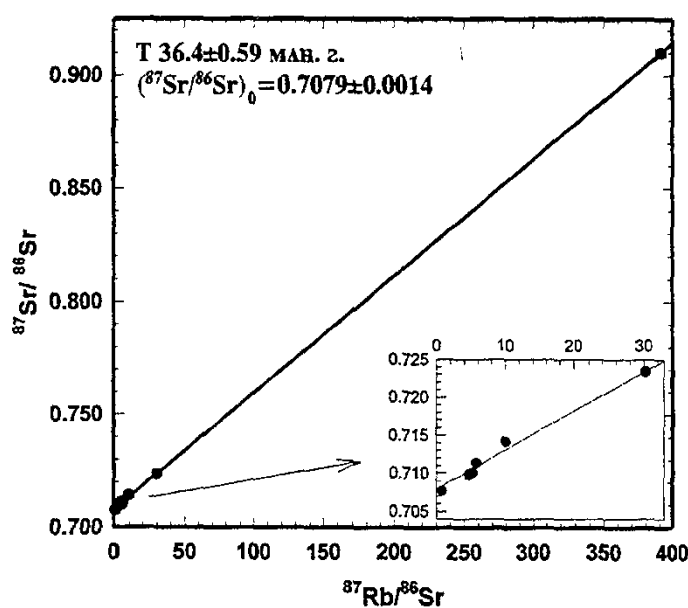
част от втори тип гранитоиди), което дава възможност данните да се тълкуват от някои автори не като време на образуване

на гранитите, а като "смесени датировки" и "радиоогенно подмладяване" (Boyadjiev, 1974; Загорчев и др., 1989).



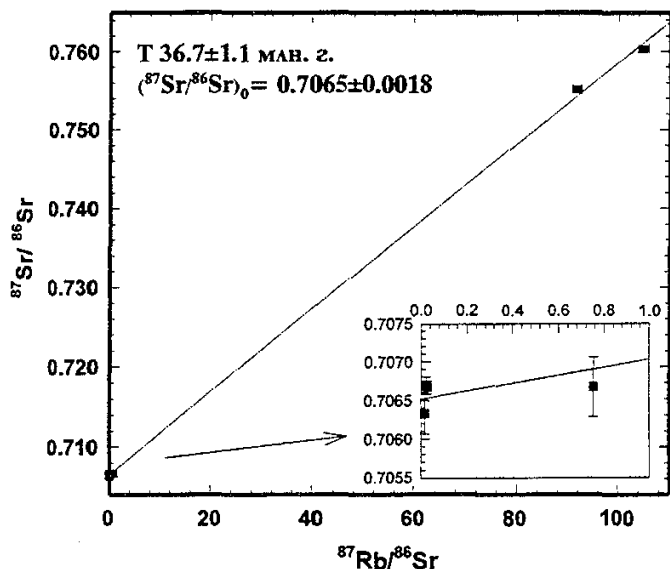
Фиг. 2. Rb-Sr изотопна диаграма за средни проби от трите типа гранитоиди на Рило-Родопския батолит. Изохроната е изчислена само за пробите от третия тип

Fig. 2. Rb-Sr isotope diagram for WR samples of the three types Rila-Rhodopes granitoids. The isochrone is calculated only using samples of the third type



Фиг. 3. Rb-Sr изотопна диаграма за средни проби от трети тип гранитоиди

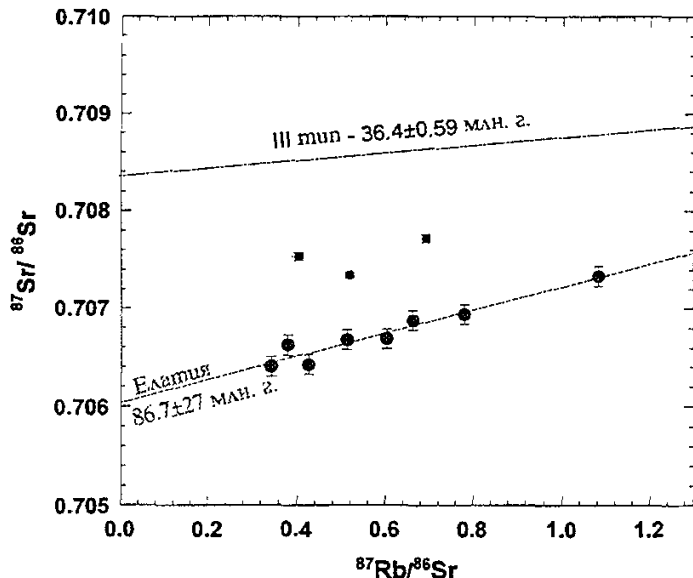
Fig. 3. Rb-Sr isotope diagram for WR samples of the third type granitoids



Фиг. 4. Rb-Sr изотопна диаграма за минерални фракции от проба 3P-17-96

Fig. 4. Rb-Sr isotope diagram for mineral fractions of sample 3P-17-96

За определяне възрастта на отделените три типа гранитоиди в настоящото изследване са използвани Rb-Sr изотопен метод по средни (WR) и минерални проби и U-Pb метод по циркони. Ограниченото количество анализирани средни проби от първи и втори тип гранитоиди (табл. 2) не позволява да се определи тяхната възраст с помощта на Rb-Sr изотопен метод. Нелинейното разположение на точките върху изотопните диаграми (фиг. 2) не остава много надежди за получаване на добри изохрони и при продължаващите изследвания на скалната Rb-Sr изотопна система. Този факт може да се обясни най-логично с първична нехомогенност на гранитоидната магма. Изотопните системи са най-чувствителни при замърсяване и смесване на магмите. За да отчитат правилно времето на натрупване на радиогенните изотопи е необходимо достигане на изотопна хомогенизация в целия обем на магмата. В противен случай магменото тяло ще бъде съставено от участъци с различна изотопна характеристика, т.е. всеки от тях ще отчита времето за себе си. Като резултат точките, съответстващи на пробите, ще



Фиг. 5. Rb-Sr изотопна диаграма, показваща разположението на изохроните за плутон Елатия (Soldatos, Cristofides, 1986) и трети тип гранити на Рило-Родопския батолит, както и точките, съответстващи на средни проби от първи тип гранитоиди (черни кръгчета).

Fig. 5. Rb-Sr isotope diagram, showing the position of Elatia Pluton isochrone, 3 type Rila-Rhodopes granitoids isochrone, and WR samples of the 1 type granitoids (solid black points).

лежат нелинейно или ще определят ерохрони без геоложки смисъл.

При деформираните разновидности от втори и особено първи тип гранитоиди нарушаването на Rb-Sr изотопна система може да бъде предизвикано допълнително и от наложените метаморфни промени и деформации.

За третия тип гранитоиди - най-киселата и диференцирана разновидност, е построена изохрона, чийто наклон определя възраст $T 36.5 \pm 0.74$ млн. г. и начално стронциево отношение $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 0,7079 \pm 0,0014$, MSWD 890. Използваните скални проби са от малко гранитно тяло, разположено в близост до обект "Грънчарица" и пегматитови и аплитови жили, пресичащи различните типове гранитоиди на Рило-Родопския батолит. Проби VII-3P/96 и 3P-9-96 (малко левкократно тяло сред втори тип граинитоиди) се отклоняват от изохроната, което навежда на мисълта, че действително съществуват малко по-късни дайки и тела. Те са и с по-ниски Rb-Sr характеристики. Без пробите от това тяло определената възраст на трети тип гранитоиди е $T 36,5 \pm 0,74$ млн. г. при

$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ $0,7079 \pm 0,0014$ и MSWD 255 (фиг. 3). Голямото средно квадратично отклонение на аплитовите и пегматитови точки се свързва с влиянието на вместилащите скали и възможни незначителни вариации във времето на внедряването им.

Подобна възраст T $36,7 \pm 1,1$ млн. г., $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ $0,70651 \pm 0,0012$ и MSWD 32 (табл. 2, фиг. 4) определят и измерените минерални фракции от образец ЗР-17-96. Пробата е от карьера "Белмекен" и представлява амфибол-биотитов гранит (първи тип, Белмекенско тяло) с малка аплитова прожилка в него. Общото изчисление на точките от двете изохрони определя възраст T $36,4 \pm 0,51$ млн. г. и начално стронциево отношение $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ $0,70727 \pm 0,0014$, MSWD 348. Тази възраст се интерпретира като време на затваряне на изотопната Rb-Sr изотопна система както на средните скални проби, така и на минералите, при охлаждането на батолита (при температури $400-300^\circ\text{C}$).

За U-Pb анализи са използвани различни размерни фракции циркони от първи (проба V-ЗР) и втори (проба X-ЗР) тип гранитоиди. Цирконите от двата типа гранитоиди са със сходна морфология и цвят - светло

бежови, призматични (удължение от 1,5 до 5), с развитие на двете призми - {100} и {110} и двете бипирамиди - {211} и {111}, но с преобладаване на острата над тъпата бипирамида. За анализите са подбирани циркони с най-често срещаната морфология, дългопризматични, без включения и видими нарушения.

Цирконови проби от деформираните гранитоиди първи тип определят възраст $T \sim 80$ млн. г. за образуването на гранитите (проба V-ЗР, табл. 3). Значително по-млади са анализирани циркони от втори тип гранитоиди - $T \sim 42$ млн. г. (проба X-ЗР, табл. 3). Тези данни за възрастта подкрепят направените петроложки и геохимични изводи за генетична връзка на втори и трети тип гранитоиди (Каменов и др., 1997) - третият тип гранити може да се разглежда като диференциат на магмата, от която са кристализирали най-широко разпространените биотитови гранити II тип, с което се обяснява и близката им възраст.

Получените нови данни за възрастта подкрепят изводите на Арнаудов (1979) и Арнаудов и др. (1981) за алпийско време на внедряване на гранитоидите и техните аплити и пегматити, като същевременно позволяват възрастово разделяне на първи

Таблица 3

U-Pb изотопни данни за циркони от Рило-Родопския батолит

Мястото на пробите е посочено на фиг. 1

Table 3

U-Pb zircon data for granitoids of the Rila-Rhodopes batholith

For sample localities see Fig. 1

N	фракция	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	Възраст, млн. г.			Rho	
						$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		
	μm		%		%					
Обр. V-ЗР										
1	-125+103	0,01288	0,31	0,08900	0,33	82,55	86,58	199,2	0,95	
2	-155+125	0,01337	0,31	0,09154	0,39	85,61	88,94	179,2	0,82	
3	-250+155	0,01246	0,31	0,08322	0,34	79,83	81,17	120,7	0,90	
4	-75+65	0,01259	0,31	0,08610	0,32	80,64	83,87	176,8	0,98	
Обр. X-ЗР										
1	+75-103	0,0074278	0,31	0,050418	0,33	47,71	49,95	158,8	0,93	
2	+155-250	0,0070952	0,31	0,047182	0,38	45,58	46,81	110,5	0,84	
3	+103-155	0,0075040	0,33	0,050100	0,71	48,19	49,64	120,0	0,51	

Rho - коефициент на корелация

Таблица 4

Rb-Sr изотопни данни за гранити, метагранити и шисти от Южна България (по литературни и непубликувани данни)

Table 4

Rb-Sr isotope data for granites, metagranites and schists from South Bulgaria (published and unpublished data)

N	Обекти	Брой проби	MSWD	T млн. г.	±2σ	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) ₀	±2σ	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	Лит. изт.
1	Сакарски плутон	7	42	500	70	0,7028	0,0013	1,549	1
2	Люцкански комплекс	5	43	414	61	0,7060	0,0009	1,669	2
3	Смиловенски плутон	6	49	342	27	0,7059	0,0004	1,035	3
4	Хисарски плутон	6	4,8	337	14	0,7053	0,0002	1,477	3
5	Копривщенски плутон	6	1,7	300	5	0,7096	0,00014	1,648	4
6	Георгиевски гранит	5	94	271	26	0,7068	0,0006	1,992	4
7	Стрелчански плутон	7	2,8	236	39	0,7096	0,0010	1,706	4
8	Витошки плутон	11	7,7	82,9	4,2	0,70438	0,00013	1,642	5
9	Елатия плутон	6	5	82,9	4,2	0,70604	0,00008	0,599	6
10	Даутовски плутон	5	9,3	82,9	4,2	0,71209	0,00023	2,249	7
11	Безбогски плутон	11	61	82,9	4,2	0,71062	0,00029	3,057	8
12	Безбогски плутон (аплити)	6	39	34,1	2,2	0,7129	0,0014	35,03	8
13	Централнопирински плутон	5	5,6	34,1	2,2	0,71052	0,00014	2,758	8
14	Тешовски плутон	5	2,3	32,6	0,6	0,71191	0,00012	1,6211	9
15	Плагоиогранити Егрек	6	8	161	13	0,7053	0,0003	1,294	10
16	Метагранити Белополци	12	238	356	27	0,7076	0,0011	2,342	11
17	Метагранити Кесебир	6	19	343	10	0,7061	0,0004	2,214	10
18	Плагоиогранити Бяла река	16	165	374	61	0,7067	0,0013	1,166	12
19	Метагранити Бяла река	6	102	294	52	0,7055	0,0037	3,271	12
20	Шисти Бяла река	7	600	320	94	0,7113	0,0046	3,198	9

Забележка: Литературните източници са както следва : 1. Лилов, 1990; 2. Загорчев, Мурбат, 1988; 3. Загорчев, Мурбат, 1983; 4. Загорчев, Мурбат, 1986; 5. Zagorchev, Moorbat, 1987; 6. Soldatos, Christofides, 1986; 7. Загорчев, Мурбат, 1983; 8. Загорчев и др., 1987; 9. Непубликувани данни на авторите; 10. Peytcheva et al., 1998; 11. Peytcheva et al., 1995; 12. Пейчева и др., 1992

от втори и трети тип гранитоиди.

Произход на магмата

Стронциевите характеристики на скалите и особено началното стронциево отношение се използват в геологията за определяне на

произхода на магмата (Фор, 1989 и др.). За първи и втори тип гранитоиди на Рило-Родопския батолит не са построени изохрони, поради което е неизвестно и началното стронциево отношение. Правят впечатление обаче ниските измерени съвре-

менни стронциеви отношения (а в момента на генериране на магмата те са били още по-ниски), особено при гранитоидите от първи тип. Тези ниски стронциеви отношения - 0,706-0,707, могат да се обяснят със смесен корово-мантиен източник на магмата или с топене на кора с първично ниски Rb/Sr отношения. В този смисъл изотопните данни са в синхрон с геохимичните данни (Каменов и др., 1997).

Относително ниско е и началното стронциево отношение на трети тип гранитоиди, въпреки високите съвременни стойности на Rb/Sr отношения - последните се доближават до тези в редкометалните гранити, а не случайно именно с тела от трети тип гранитоиди са свързани проявленията на шеелит в района на обект "Грънчарица". Магмата, от която са кристализирали телата на трети тип гранитоиди, макар и силно диференцирана, носи характеристиките на източник/протолит с невисоки Rb/Sr отношения, а от тук и относително ниски отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

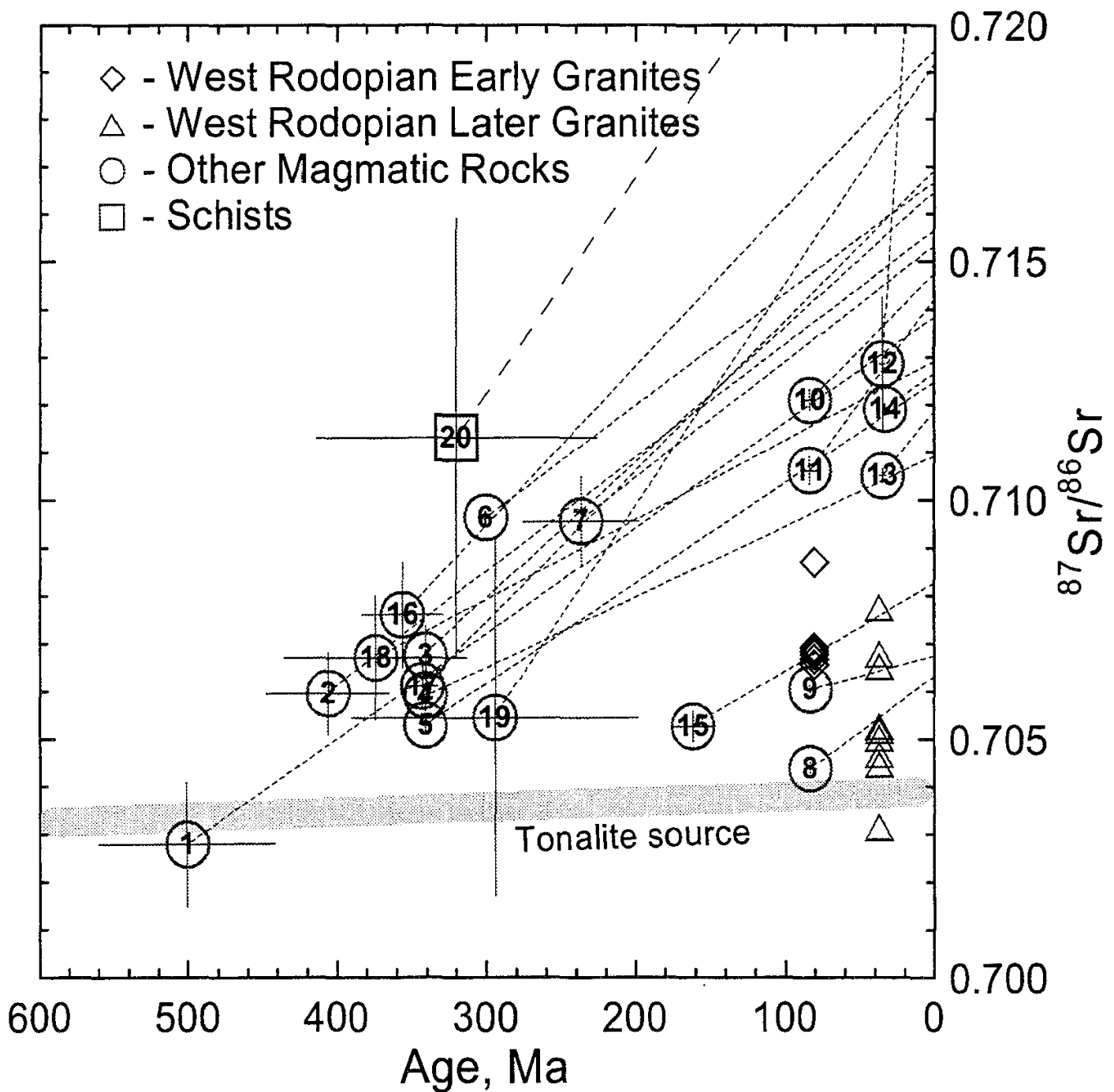
За да се онагледят изотопно-геохимичните особености на Рило-Родопския батолит бяха обработени статистически голяма част от публикуваните Rb-Sr изотопни данни за скали (предимно гранитоиди и метагранити) в Южна България (табл. 4). Резултатите са представени на еволюционната диаграма от фиг. 6. От нея се вижда, че ако близките по възраст Тешевски, Даутовски, Безбогски и Централнопирински плутони в Пирин планина могат да се образуват от топенето на континентално-корови материали, сходни до източника на магмите за Средногорските гранитоиди или метагранитите от Източни Родопи или дори при топенето ("рециклирането") на посочените гранити, без или с незначително участие на мантийни материали, то Рило-Родопските гранитоиди се отклоняват значително от този тренд в посока на по-ниските стронциеви отношения. Този факт се приема като още едно доказателство за смесения корово-мантиен източник на магмата на Рило-Родопските гранитоиди, с по-голямо участие на коров компонент при втори и трети тип.

Изотопните данни предполагат субдукционни обстановки на генериране на първичната магма на първи тип гранитоиди

ди, колкото и странно да изглежда подобен извод при съвременна дебелина на земната кора в Западни Родопи над 50 km. Образоването на този тип гранитоиди преди около 80 млн. г. е откъснато във времето от останалите два типа. Деформациите в тях, свързани с обстановки на разтягане, са късноалпийски (минералната изохрона от Белмекенското тяло, определяща възраст $T = 36,7 \pm 1,1$ млн. г.). Друг хипотетичен модел, обясняващ ниските стронциеви отношения на изследваните скали, е топене на мантийни и литосферни материали, приведени в контакт при колизионни процеси през ранноалпийско време; образуваните в резултат на удебеляването гранити биха могли да съдържат както континентални, така и океански материали. Трета възможност е генериране на магмата в аномална долна континентална кора с ниски Rb/Sr отношения. Трудно е да се предложи конкретен геодинамичен модел, доколкото все още липсват достатъчно публикувани данни за тектонското развитие на района през алпийско време.

Смесените изотопно-геохимични характеристики на втори и трети тип гранитоиди предполагат част от мантийните материали да участват, или да са увлечени при образуването на гранитната магма. Участието на коров материал при тях е значително по-голямо и те показват преобладаващи петролого-геохимични характеристики на колизионни гранити (Каменов и др., 1997). Типовете II и III са разглеждат като генетично свързани помежду си интрузивни фази на един късно- до постметаморфен палеогенски плутон с възраст от 42 до 36 млн. г.

За генетични изводи бе направен опит да се използва и морфологията на цирконите от Рило-Родопските гранитоиди. На класификационната диаграма на Rупin (1980, 1985) цирконите от проба V-3P, първи тип гранитоиди, попадат в полето на автохтонните и субавтохтонни гранити, образуващи се в колизионни геодинамични обстановки. Трябва да се отбележи, че външният облик на цирконите отразява крайните условия на растеж на цирконите, и по-точно съотношението $\text{Al}/(\text{K}+\text{Na})$,



Фиг. 6. Еволюционна Rb-Sr диаграма $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs T (млн. г.) за гранитоиди, метагранити и шисти от Южна България. Използвани са литературни и непубликувани данни и резултати от настоящото изследване (табл. 4).
 Fig. 6. Evolution Rb-Sr diagram $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs T (Ma) for granites, metagranites and schists from South Bulgaria. Published and unpublished data (table 4), as well the results from this investigation (table 2) were used for the graphic.

обогащаването с някои редки елементи и индиректно измененията на температурата; тези условия в процеса на кристализация на цирконите закономерно могат да се изменят (Vavra, 1989, 1990, 1994; Vanisek, Finger, 1993). За съжаление не бяхме в състояние да проведем изследвания на вътрешния строеж на цирконите (кадотолуминесцентни снимки). От външния им

облик може да се направи предположение, че магмата, от която са кристализирали, в процеса на диференциация е достигнала стойности на отношението $\text{Al}/(\text{K}+\text{Na})$, типични за коровите гранити или че първично е била не особено богата на алкалии.

Поради недостатъчното количество на изследваните проби от метаморфната рамка е трудно да бъдат направени изчис-

ления и изводи за генетичната връзка между гранитоидите и вместващите ги скали. Геохимичните и изотопните данни обаче свидетелстват за по-сложен механизъм на образуване, предполагащ участие както на корови материали, така и на скали с мантиен произход. Теренните наблюдения също отхвърлят модел на топене на място на скалите от рамката на батолита.

Възрастта на Рило-Родопските гранитоиди е близка до тази на някои плутони в Родопите (Soldatos, Cristofides, 1986), Пирин (Загорчев, Мурбат, 1983; Загорчев и др., 1987) и Осогово (Graf et al., 1998) (табл. 4). Различията с Пиринските гранити бяха дискутирани в предишната част (фиг. 6). На фиг. 5 са представени изохроните за плутона Елатия, представляващ продължение на Барутин-Буйновския плутон върху гръцка територия (Soldatos, Cristofides, 1986) и трети тип гранитоиди, както и точките, съответстващи на средни проби от първи тип гранитоиди. Гранодиоритовите проби на плутон Елатия са с по-ниски стойности на съвременните отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и по-ниско начално стронциево отношение от изследваните Рило-Родопски гранитоиди. Диаграмата позволява да се направи предположение за по-голямо участие на коров материал при генерирането на магмите на гранитоидите от Западните Родопи, и особено на тези от трети тип.

Изотопните данни показват, че дори и при едновъзрастните гранитоиди е необходимо задълбочено изследване на веществото, тъй като механизмите на генериране на магмата и съставът и могат да се отличават.

Заклучение

Полученият нов фактически материал и теренните наблюдения на скалите от Рило-Родопския батолит показват, че всички гранитоиди не биха могли еднозначно да се отнесат към постметаморфните магматити.

Гранитоидите от първи тип (Грънчаришкото и Белмекенското тяло) показват смесени корово-мантийни стронциеви характеристики и по възраст $T \approx 80 \text{ Ma}$, U-Pb

метод, и произход се отличават от втори и трети тип гранитоиди.

Изотопно-геохимичните особености и новополучените възрастови данни за втори и трети тип гранитоиди - 42 млн. г., U-Pb метод по циркони и около 35-37 млн. г., Rb-Sr изохрони, отнасят образуването им главно към късно/посторогенната литосферна екстензия. Типовете II и III са генетично свързани помежду си интрузивни фази на един късно- до постметаморфен палеогенски плутон. Изотопно-геохимично те показват смесени мантийно-корови особености, но са със значително по-силно въвличане на коров компонент от горнокредните тела.

Сравненията с плутоните от Пирин планина, образувани от топене предимно на корови материали, открояват своеобразието на Рило-Родопския батолит със своите значително по-ниски стронциеви изотопни характеристики. Плутоът Елатия от своя страна е с по-ниски стронциеви характеристики и вероятно по-голямо участие на мантийни материали. Изотопните данни показват, че дори при гранитоиди с близка или еднаква възраст, разкриващи се в един район, механизмите на генериране на магмата и съставът и могат да се отличават.

Благодарности: Част от изследванията са финасирани от Националния фонд за научни изследвания (проект 529/95), на който изказваме искрена благодарност.

Литература

- Арнаулов, В. 1979. Дискуссионные вопросы возраста "южноболгарских гранитов". - *Geologica Balc.*, 9, 2, 37-50.
- Арнаулов, В., Б. Амов, М. Павлова. 1969. Върху абсолютната геоложка възраст на някои пегматити от Южна България. - *Изв. Геол. инст. БАН*, 18, 19-27.
- Арнаулов, В. С., Б. Г. Амов, Е. Н. Бартницкий, М. А. Павлова. 1989. Изотопная геохронология магматических и метаморфических пород в Балканидах и Родопском массиве. - *XIV конгресс КБГА*, София, Тезиси докладов, 4, 1154-1157.
- Арнаулов, В., М. Павлова, Б. Амов, Ц. Балджијева. 1974. Възраст и генезис на пегматити от Южна България по данни от изотопния състав на оловото във фелдшпатите. - В: *Минерогенезис*, С., БАН, 315-331.
- Арнаулов, В., Р. Арнаулова. 1981. Последовательность образования гранитоидов Пирин, Рилы и Родоп

- по данным структурных исследований калиевых полевых шпатов. - *Geologica Balc.*, 11, 2, 33-42.
- Арнаулов, В., Т. Танева, Р. Магнатова. 1980. Геохронология исследования по метода на следите на пегматити от Рила планина. - *Геохим., минерал. и петрол.*, 13, 19-26.
- Арнаулова, Р., В. Арнаулов. 1982. Сравнительная геохимия и условия образования "южноболгарских гранитов". - *Geologica Balc.*, 12, 4, 21-36.
- Бояджиев, С., 1960. Магматичните скали в Западни Родопи. - *Год. ГУГП, А*, 10, 1-43.
- Бояджиев, С., П. Лилов. 1976. Върху данните, получени по К/Аг метод за южнобългарските гранитоиди от Западнородопския блок и Краищидите. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 37, 2, 161-169.
- Вергилов, В., Д. Кожухаров, Б. Маврудчиев. 1961. Бележки върху Западнородопския батолит и метаморфната му мантия. - *Изв. Геол. инст. БАН*, 9, 153-197.
- Загорчев, И., С. Мурбат. 1983. Rb-Sr данни о возрасте Даутовского плутона (гранитоиды Пиринского типа), Юго-Западная Болгария. - *Geologica Balc.*, 13, 4, 31-37.
- Загорчев, И., С. Мурбат. 1986. Датирание на гранитоидния магматизъм в Същинска Средна гора по рубидиево-стронциевия изохронен метод. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 33, 2, 31-37.
- Загорчев, И., С. Мурбат. 1988. Рубидий-стронциевые изотопные данные о палеозойском магматизме в Трынском районе. - *Geologica Balc.*, 18, 3, 43-46.
- Загорчев, И., С. Мурбат, П. Лилов. 1987. Радиогеохронологические данные об альпийском метаморфизме в западной части Родопского массива. - *Geologica Balc.*, 17, 2, 59-71.
- Загорчев, И., П. Лилов, С. Мурбат. 1989. Результаты Rb-Sr и K-Ar радиогеохронологических исследований метаморфических и магматических пород Южной Болгарии. - *Geologica Balc.*, 19, 3, 41-54.
- Йорданов, Н. 1957. Об абсолютном возрасте некоторых ортитов, определенным свинцовым методом. - *Докл. БАН*, 10, 1, 85-88.
- Йорданов, Н., В. Вергилов, М. Павлова. 1962. Геологична възраст на кристалинния комплекс и на гранитоидите в Южна България. - *Изв. Геол. инст. БАН*, 11, 33-39.
- Каменов, Б., И. Пейчева, Л. Клайн, Ю. Костицын, К. Арсова. 1997. Нови минералого-петрографски, изотопно-геохимични и структурни данни за Западнородопския батолит. - В: *Юбилеен сборник 50 год. специалност Геология*, С., Унив. издателство, 95-98.
- Кожухаров, Д., Ж. Иванов. 1961. Някои петроструктурни особености на гранитите югозападно от Велинград. - *Тр. геол. Бълг., сер. Стратигр. и тект.*, 3, 339-359.
- Лилов, П. 1990. Rb-Sr и K-Ag датирование Сакарского гранитного плутона. - *Geologica Balc.*, 20, 6, 53-60.
- Мурбат, С., И. Загорчев. 1983. Рубидиево-стронциевые данни о возрасте первого гранитоидного комплекса (Смиловенский и Хисарский плутон) в Същинской Средней горе. - *Geologica Balc.*, 13, 3, 3-14.
- Пальшин, И., С. Симов, М. Аракелянц, И. Чернышев. 1974. Об абсолютном возрасте процессов Альпийской активизации на Родопском срединном массиве (НРБ). - *Изв. АН СССР, Сер. Геологическая*, 4, 13-22.
- Пейчева, И., Ю. Костицын, Ю. Шуколюков. 1992. Rb-Sr изотопная система гнейсов Юго-Восточных Родоп Болгарии. - *Докл. БАН*, 45, 10, 65-68.
- Фор, Г. 1989. *Основы изотопной геологии*. М., Мир, 590 с.
- Arnaudov, V. 1975. Pegmatite types of various ages from the northwestern part of the Rhodope Massif. - *Geologica Balc.*, 5, 4, 59-72.
- Banisek, A., F. Finger. 1993. Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: a microprobe study. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 114, 441-451.
- Boydjiev, S. 1974. On the results of the radiometric age determinations of the Pre-Mesozoic basement in parts of the Balkan Peninsula. - In: *Mineral Genesis*, Sofia, Bulg. Acad. Sci., 349-363.
- Ludwig, K. R. 1990. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 - Geol. Survey Open-File Rept., N 88-557, 38.
- Graf, J., A. v. Quadt, D. Bernoulli, J.-P. Burg. 1998. Geochemistry and geochronology of igneous rocks of the Central Serbo-Macedonian Massif (Western Bulgaria). - *16 Congress CBGA*, Abstracts, Vienna, 191.
- Peytcheva, I., S. Sarov, Y. Kostitsin. 1995. Rb-Sr isotope-geochronological study of metagranites from the region of Belopoltsy-Zhelezino-Pelevun in the Eastern Rhodopes. - *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 48, 11-12, 67-70.
- Peytcheva, I., M. Ovtcharova, S. Sarov, Y. Kostitsin. 1998. Age and metamorphic evolution of metagranites from Kessebir Reka region, Eastern Rhodopes - Rb-Sr isotope data. - *16 Congress CBGA*, Abstracts, Vienna, 471.
- Pupin, J. P. 1980. Zircon and granite petrology. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220.
- Pupin, J. P. 1985. Magmatic zoning in Hercynian granitoids in France based on zircon typology. - *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 65, 29-56.
- Soldatos, T., G. Christofides. 1986. Rb-Sr geochronology and origin of the Elatia Pluton, Central Rhodope, North Greece. - *Geologica Balc.*, 16, 1, 15-23.
- Vavra, G. 1989. Die Entwicklung des penninischen Grundgebirges im östlichen und zentralen Tauernfenster der Ostalpen. *Geochemie, Zirkonmorphologie, U/Pb-Radiometrie*. - *Tübinger Geowiss. Abh., Reihe A*, Nr. 6, 150 S.
- Vavra, G. 1990. On the kinematics of zircon growth and its petrogenetic significance: a cathodoluminescence study. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 106, 90-99.
- Vavra, G. 1994. Systematics of internal zircon morphology in major Variscan granitoid types. - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 117, 331-344.
- York, D. 1966. Least squares fitting of straight line. - *Can. J. Phys.*, 37, 320-326.
- Zagorchev, I., S. Moorbath. 1987. Rb-Sr isotopic data for Vitosha Pluton, Srednogorie Zone. - *Geologica Balc.*, 17, 6, 43-48.

Приета на 13.10.1998 г.
Accepted October 13, 1998