

## Изотопно-геоложки интерпретации и възрастта на Сакарския плутон

Основавайки се само на К-Аг датировки на биотит, Ф и р с о в (1975) счита, че възрастта на Сакарския плутон е 115-133 млн. год. По-късно е проведено Rb-Sr датирание на валови проби от едропорфирен и равномернозърнест Сакарски гранит, като рентгенофлуорисцентното определяне на Rb и Sr е с точност 3-8% относителна грешка. От получената ерохрона (Л и л о в, 1989) е изчислена датировка 320 млн. год. Повторното прецизно Rb-Sr анализиране на същите проби в Оксфордската лаборатория (Л и л о в, 1990а) е осъществено с по-висока точност 1% относителна грешка при рентгенофлуорисцентното определяне на Rb и Sr. Така от новополучените изотопни данни за 9 проби е изчислено средно стандартно претеглено отклонение MSWD = 27 и датировка  $544 \pm 70$  млн. год., като за 7 проби е получена по-малка стойност за MSWD = 12 и датировка  $499 \pm 70$  млн. год. От всички проби, използвани за Rb-Sr изотопно датирание, е отделен биотит за К-Аг анализиране. Изчислените К-Аг датировки на биотитовите фракции имат стойности 110-120 млн. год., които добре съвпадат с К-Аг датировки, публикувани от Ф и р с о в (1975). К-Аг датировки в интервала 110-130 млн. год. не са възрасти на Сакарските гранитоиди. Те отразяват частичните загуби на радиогенен Аг от биотита, под въздействие на едно горнокредно регионално тектоно-термично събитие (Л и л о в, 1989, 1990а, 1990б). Блокиращите дифузионни температури на аргон в биотита (Н а г г i s o n e t al., 1979) и получените К-Аг датировки дават основание да се допусне, че скалите на Сакарския плутон през горната креда са били нагряти до 250-300°C.

Определената от Л и л о в (1990а) изохронна датировка  $499 \pm 70$  млн. год. за Сакарския плутон се оспорва от С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995) по един странен начин. Възрастта 500 млн. год. се преписва на анатексис на скали с ниско начално стронциево отношение и се предлагат още две възрасти 250 млн. год. и  $J_3 - K_1$ , които се отнасят за палингенеза и за формирането на Сакарските гранитоиди. Твърди се също, че Л и л о в (1990а) е допуснал проявата на анатексис, но след това изключил подобна възможност. Това твърдение буди недоумение. В публикацията на Л и л о в (1990а) е обяснено, че образуването на гранодиоритови състави в резултат на стари долнопротерозойски скали е невъзможно, тъй като в анализиранияте проби не са установени високи изотопни стронциеви отношения, които могат да потвърдят наличие на разтопена стара кора. Следователно трябва да се допусне анатексис на скали с възраст 500-700 млн. год., имащи ниско изотопно стронциево отношение.

За изчисляване на възрастта 250 млн. год. С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995) са използвали изотопните данни, публикувани от Л и л о в (1990а). Тази датировка е изчислена по следния начин:

1) построена е линейна зависимост от четири точки №№ 1, 2, 3 и 6 (табл. 1, фиг. 1 изохрона II); 2) Избора на точките №№ 1, 2, 3 и 6 е обоснован с това, че те имали най-ниската геохимична дисперсия и се приближават до изохронния модел; 3) Без да се изчислява MSWD са направени оценки за качествата на различните изохрони; 4) Счита се, че приемливата изохрона от четири точки с датировка  $250 \pm 35$  млн. год. и начално отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,708$  отразява палингенезата в ранния мезозой и формирането на Сакарския гранит; 5) След обосновката и изчисляването на датировката 250 млн. год. е последвало нейното подлагане на съмнение (С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а, 1995, с. 49), като се допуска, че вероятно действителната възраст е по-млада. Основанията за това съмнение са следните: — изчислената

възраст от 250 млн. год. е близка до тази на Стрелчанския плутон в Същинска Средна гора по данни на З а г о р ч е в, М у р б а т (1986); — началните изотопни стронциеви отношения също са близки и отразяват анатексис и контаминация.

След тази аргументация С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995, стр. 49) изказват твърдението, че Сакарските мигматит-гранити са формирани през горна юра — долна креда ( $I_3 - K_1$ ).

За прегледност ще бъдат коментирани последователно посочените пет пункта, в които е разгледан начина за изчисляване от С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995) на датировката 250 млн. год. и нейното коригиране до  $J_3 - K_1$ .

1. Основните положения, които трябва да се спазват при използване на изохронните изотопни методи, са посочени в редица публикации (У о г к, 1966, 1967; В г о о k s e t al., 1972; Ф а и г е, 1986; Л у д в и г, 1988; Ш у к о л ю к о в и др., 1974 и др.). Към най-съществените моменти спадат две изисквания:

— броят на изохронните точки трябва да бъде най-малко шест;

— интервалите, обхванати от отношенията  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  или  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  на всички точки от дадена изохрона, трябва да бъдат достатъчно широки, за да се осигури по-надеждно определяне на наклона на изохронната линия.

От фиг. 1 и табл. 1 е видно, че линейната зависимост от четирите точки, подбрани от С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995), не отговаря на тези изисквания. Без усилие може да се прецени, че изотопните отношения на четирите точки (фиг. 1, изохрона II, по С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а, 1995) обхващат приблизително шесткратно по-малък интервал, в сравнение с интервала, обхванат от изотопните отношения на седемте изохронни точки (фиг. 1, изохрона I, по Л и л о в, 1990а).

2. Геохимичната дисперсия може да се изчисли, като се определи стойността на остатъчната и на експерименталната дисперсия (Ш у к о л ю к о в и др., 1974). Когато таква изчисление не са направени, за геохимичната дисперсия може да се съди по отклоненията на точките спрямо изохронната линия и MSWD. Например, от Л и л о в (1990а, фиг. 2) са изключени точките №№ 7 и 8 от ерохроната с MSWD=27 и датировка 544 млн. год. и е получена приемлива изохрона от седем точки с по-малко MSWD=12 и датировка 499 млн. год. (фиг. 1, изохрона I).

Фактически геохимична дисперсия за точките №№ 1, 2, 3, 6 не е изчислявана от С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995). За такива е възприета процентната разлика ( $\Delta\%$ ) на изотопните отношения, измерени в две различни лаборатории, дадени в табл. 2 от статията на Л и л о в (1990а). Процентната разлика ( $\Delta\%$ ) не може да се използва като геохимична дисперсия и въз основа на нея да се аргументира приближаването на точките №№ 1, 2, 3, 6 до изохронния модел.

Точките №№ 1, 2, 3, 6 не образуват линейна зависимост с най-ниска геохимична дисперсия и не отговарят на изискванията за построяване на изохрона. Това може да се покаже и със следното елементарно и нагледно разглеждане. Ако се прекара права линия през точките №№ 1 и 2, тя ще има датировка 0 млн. год., линията през точките №№ 1, 2 и 6 ще има — 162 млн. год., и като се прибави точката № 3 ще се получи датировка 250 млн. год. Правите линии, прекарани през различните комбинации от тези точки, показват датировки, които не се изменят около стойността 250 млн.

Таблица 1

Рубидиево-стронциеви данни (по Лилов, 1990а)

Table 1

Rbidium-strontium data (after Lillov, 1990a)

Проба №	Rb, ppm	Sr, ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	112,4	257,9	1,2610±0,0126	0,71165±0,00007
2	122,5	289,2	1,2263±0,0122	0,71165±0,00007
3	160,4	314,3	1,4765±0,0147	0,71254±0,00007
4	166,8	236,3	2,0447±0,0204	0,71741±0,00007
5	175,5	219,3	2,3170±0,0231	0,71945±0,00007
6	121,1	301,9	1,1614±0,0116	0,71144±0,00007
7	146,6	299,0	1,4193±0,0142	0,71407±0,00007
8	163,2	223,4	2,1156±0,0211	0,71936±0,00007
9	113,1	355,0	0,9410±0,0023	0,70941±0,00007

Място на вземане на пробите (фиг. 1): 1—на 1,5 km източно от с. Троян; 2—на 1,7 km източно от с. Троян; 3—кариера на 0,5 km източно от с. Хлябово; 4—на 2 km южно от с. Хлябово; 5—на 0,3 km североизточно от с. Черепово; 6—на 1,7 km източно от с. Троян; 7—на 1,5 km североизточно от с. Българска поляна; 8—на 2,5 km източно от с. Черепово; 9—на 2 km западно от с. Главан.

год., но варират от 0 до 250 млн. год. Следователно подобрите четири точки не образуват изохронна зависимост. Те изразяват само четири случайни различни отклонения спрямо изохронната линия, съставена от седем точки (фиг. 1, изохрона I, по Лилов, 1990а).

3. Изохроните и ерохроните се различават най-добре по стойностите на техните MSWD и големината на доверителния интервал на техните датировки. Колкото MSWD е по-близо до 1 и доверителния интервал на датировката е по-малък, толкова повече линейната зависимост на изотопните отношения се приближава до идеалната изохрона (Шуколоков и др., 1974; Ludo, 1988 и др.).

Без да се спазват основните изисквания за построяване на изохрона и без да се изчислява MSWD, Скендеров, Скендерова (1995) са направили следните оценки:

— линейната зависимост от четири точки (Скендеров, Скендерова, 1995) с датировка  $250 \pm 35$  млн. год. е обявена за изохронен модел;

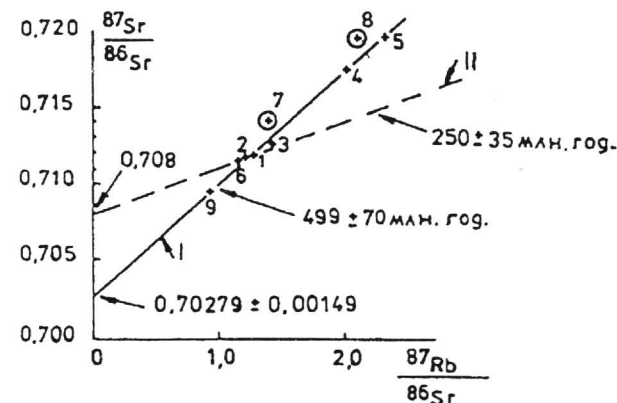
— приемливата изохрона от седем точки с MSWD=12 и датировка  $499 \pm 70$  млн. год. (Лилов, 1990а) се счита за непредставителна, докато изохронната диаграма от осем точки с MSWD=165 и датировка  $87 \pm 27$  млн. год. за плутона

Фиг. 1. Сборна рубидиево-стронциева изохронна диаграма за Сакарския плутон (по Лилов, 1990а):

I — приемлива изохрона (по Лилов, 1990а); II — приемлива изохрона (по Скендеров, Скендерова, 1995)

Fig. 1. Assembly rubidium-strontium isochrone diagram for Sakar pluton (after Lillov, 1990a):

I — acceptable isochrone (after Lillov, 1990a); II — acceptable isochrone (after Skenderov, Skenderova, 1995)



Елатия (Барутин-Буиновски) в Северна Гърция (Soldatos, Christofides, 1986) се разглежда като добро съгласуване с резултатите от Rb-Sr датирание на Даутовския, Северно Пиринския и Безбогския гранитоиди (Загорчев, Мурбат, 1983; Загорчев и др., 1987).

4. След като се приема от Скендеров, Скендерова (1955, с. 49), че изохроната от 7 точки с датировка  $499 \pm 70$  млн. год. (фиг. 1, изохрона I) отразява възрастта на анатексис, не е възможно съставената с част от същите изохронни точки втора линейна зависимост да отразява палингенеза с възраст  $250 \pm 37$  млн. год. Има се предвид следното. Ултраметаморфните процеси водят до образуване на магми, в които се осъществява миграция и хомогенизация на Rb и Sr изотопи в малък или голям мащаб. Като следствие по-късния ултраметаморфен процес разрушава затвореността на Rb-Sr изотопна система, която е била геохронометър на по-старото ултраметаморфно събитие. Следователно не е възможно от едни и същи валови скални проби (точки на изохроната) да се извърши изохронно датирание на два разновъзрастни магнообразуващи процеса.

Освен това, Скендеров, Скендерова (1995) правят принципа грешка, като приемат, че Rb-Sr възраст се отнася за процеси на формиране на магми, а не за момента на тяхното затвърдяване. Rb-Sr изотопна система се затваря едва при завършване на магмената кристализация и достигане на дифузионните блокиращи температури за Rb и Sr изотопи в различните минерали. Rb-Sr система става геохронометър от момента на нейното затваряне.

5. Изтъкнатите аргументи за по-млада от 250 млн. год. възраст не съдържат положения, които дават основание да се твърди, че Сакарските мигматит-гранити са формирани през горна юра — долна креда ( $J_3-K_1$ ). Всъщност, предполагаемият коров анатексис и контаминацията, доколкото ги е имало, са дали своето отражение върху формирането на началното стронциево отношение  $0,708$  и на датировката 250 млн. год. Ето защо не е необходимо да се търсят допълнителни доводи и да се допуска вероятност, че датировката 250 млн. год. е подмладена до интервала 160-100 млн. год.

От направения коментар проличава, че с проведената от Скендеров, Скендерова (1955) твърде свободна и неадекватна на изотопните данни (Лилов, 1990а) интерпретация не може да се аргументира наличието на Сакарски гранит с възраст горна юра-долна креда ( $J_3-K_1$ ).

Отсъствието на изотопни доказателства, датиращи магматизъм с възраст ( $J_3-K_1$ ), поставя под въпрос включването на сакарския регион в обхвата на предлагания нов геодинамичен модел за горноюрска — долнокредна зряла островна дъга.

Могат да се приведат и други изотопни датировки, не подкрепящи твърдението за прояви на магматизъм с горноюрска-долнокредна възраст в Сакар:

С анализирани на парагенетични минерали (биотит, мусковит, амфибол и др.) по K-Ag метод и с Rb-Sr датирание на валови скални проби е показано въздействието на наложените процеси върху затвореността на изотопните системи (Лилов, 1975, 1990, 1990б). Вследствие предимно на топлинното въздействие различните геохронометри в зависимост от тяхната устойчивост показват различни, но закономерно изменящи се датировки. Най-близки до възрастта на анализираниите скални проби са Rb-Sr изохронни датировки на валовите проби, а най-близки до възрастта на тектоно-термичното въздействие са K-Ag датировки на биотита и K-фелдшпата от тези проби. Като пример може да се посочи K-Ag и Rb-Sr датирание на палеозойски гранитоиди от Същинска Средна гора и Сакарска област (Табл. 2).

Показаните K-Ag датировки на парагенетични минерали, биотит, мусковит и K-фелдшпат не са възрастни на анализираниите скални проби. Те показват само степента на миграция на радиогения аргон, по време на регионалното горнокредно тектонотермично събитие, и достигането на различната блокираща температура за съответните минерали (Лилов, 1990а, 1990б). По това време, най-вероятно във връзка със субдукцията на Вардарската океанска кора под Родопите, скалните комплекси в Същинска Средна гора, Сакар и Странджа са били нагряти до температури не по-високи от  $250-300^\circ\text{C}$ .

Имайки предвид тази геодинамична обстановка, може

Таблица 2

K-Ar и Rb-Sr датировки на гранитоиди от Същинска Средна гора, Сакар и Странджа

Table 2

K-Ar and Rb-Sr data of granitoids from Sashinska Sredna gora, Sakar and Strandja

## Същинска Средна гора

Смиловенски плутон	микроклин	K-Ar	100 млн. год.,	Л и л о в, 1975
	биотит	K-Ar	140 "	" "
	мусковит	K-Ar	250 "	" "
Копривщенски плутон	изохрона, валова проба	Rb-Sr	324 млн. год.	М у р б а т, З а г о р ч е в, 1983
	биотит	K-Ar	190 "	Л и л о в, 1975
	мусковит	K-Ar	235 "	" "
Стрелчански плутон	изохрона, валова проба	Rb-Sr	320 "	" "
	биотит	K-Ar	140 млн. год.	Л и л о в, 1975
	мусковит	K-Ar	230 "	" "
	изохрона, валова проба	Rb-Sr	238 "	З а г о р ч е в, М у р б а т 1986

## Сакарска област

с. Троян	гранит, биотит	K-Ar	118 млн. год.	Л и л о в, 1990а, 1990б
с. Хлябово	гранит, биотит	K-Ar	120 "	" "
Сакарски плутон	изохрона	Rb-Sr	499 "	" "
с. Дервишка могила	гранит, биотит	K-Ar	120 "	Л и л о в непубл. данни
"	гранит, н. маг. фрак.	K-Ar	160 "	" "
"	гранит, мусковит	K-Ar	220 "	" "
с. Оряхово,	гранит, биотит	K-Ar	120 "	" "
с. Оряхово,	К-фелдшпат	K-Ar	110 "	" "
левкократен гранит	мусковит	K-Ar	180 "	" "

да се допусне, че топлинното въздействие е оказало най-големи загуби на радиогенен стронций от биотита в Сакарския гранит и е обусловило геохимичната дисперсия, регистрирана с Rb-Sr изохронно датиране (Л и л о в, 1990а, 1990б). Индикатор за наличието на геохимична дисперсия е MSWD=12.

Разглежданата геохимична дисперсия може да се дължи и на анатексис в раннопалеозойско време. При този ултраметаморфен процес е била възможна изотопна хомогенизация на Rb и Sr изотопи в малък мащаб, което е довело до различия на началното отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в различните подобеди на Сакарския плутон.

Независимо от това, кои процеси са допринесли за наличието на геохимичната дисперсия и до влошаване точността на Rb-Sr изохронно датиране, публикуваните K-Ar и Rb-Sr датировки, доказват палеозойската възраст на Сакарския плутон.

Rb-Sr датировка  $499 \pm 70$  млн. год. и началното отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7028$  фиксират времето на кристализация на магмата, продуцирала Сакарския плутон, който има Rb-Sr изотопни характеристики съществено различни от тези на гранитоидите от Същинска Средна гора. Ниската стойност на началното стронциево отношение може да се приеме и като показател за екзотичната природа на Сакарския плутон, и както счита V a s s i l e f f (1994), че той принадлежи към екзотичния Сакар-Странджански акреционен блок.

Разглеждането на Сакар-Странджанската зона в тектонския строеж на България от С к е н д е р о в, С к е н д е р о в а (1995) като зряла островна дъга през горноюрско-долнокредно време не се подкрепя от досега получените K-Ar и Rb-Sr датировки за гранитоиди от Сакар и Централното Средногорие (Л и л о в, 1975; М у р б а т, З а г о р ч е в, 1983; З а г о р ч е в, 1986; Л и л о в, 1989; З а г о р ч е в и др., 1989; Л и л о в, 1990а, 1990б).

## Л и т е р а т у р а

- З а г о р ч е в, И., С. М у р б а т. 1983. Рубидиево-стронциевите данни о возрасте Даутовского плутона (гранитоиды Пиринского типа), Юго-Западная Болгария. — *Geologica Balc.*, 13, 4, 31–47.
- З а г о р ч е в, И., С. М у р б а т. 1986. Датиране на гранитоидния магматизъм в Същинска Средна гора по рубидиево-стронциевия изохронен метод. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 47, 3, 62–68.
- З а г о р ч е в, И., С. М у р б а т, П. Л и л о в. 1987. Радиогеохронологическите данни об альпийском магматизме в западной части Родопского массива. — *Geologica Balc.*, 17, 2, 59–71.
- З а г о р ч е в, И., П. Л и л о в, С. М у р б а т. 1989. Результаты рубидиево-стронциевых и калиево-аргоновых радиогеохронологических исследований метаморфических и магматических пород Южной Болгарии. — *Geologica Balc.*, 19, 3, 41–54.

Л и л о в, П. 1975. Калиево-аргонова геохронометрия и възможности за нейното приложение. — Автореферат на канд. дисерт., СУ, С. 14 с.

Л и л о в, П. 1989. Изотопни данни за възрастта и топлинното въздействие върху Сакарския гранитов плутон и неговата рамка. — *Проблеми на геол. и енерг. суров. ресурси в района на Странджа-Сакар*. (под печат).

Л и л о в, П. 1990а. Rb-Sr и K-Ar датирование Сакарского гранитоидного плутона. — *Geologica Balc.*, 20, 6, 53–60.

Л и л о в, П. 1990б. Калиево-аргонова и рубидиево-стронциева геохронология на магмени, метаморфни и тектоно-термични събития в Южна България. — Автореферат на докт. дисерт., ГИ БАН, С. 37 с.

М у р б а т, С., И. З а г о р ч е в. 1983. Рубидиево-стронциевите данни о возрасте первого гранитоидного комплекса (Смиловенский и Хисарский плутоны) в Сыштинской Средной горе. — *Geologica Balc.*, 13, 3, 3–14.

С к е н д е р о в, Г., Ц. С к е н д е р о в а. 1995. Субдукция Вардарской океанической коры в конце юры и ее роль в альпийском тектономагматическом развитии части Бал-

- канского полуострова. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 56, 2, 45–62.
- Фирсов, Л. В. 1975. О возрасте южноболгарских гранитов Родопского массива, Среднегорья и Сакар-Странджи. — *Геол. и геоф.* 1, 27–34.
- Шуколюков, Ю., И. Горохов, Д. Левченков. 1974. *Графические методы изотопной геологии*. С., Недра. 207 с.
- Brooks, C., S. Hart, I. Wendt. 1972. Realistic use of two-error regression treatments as applied to rubidium strontium data. — *Rev. Geophys. Space Phys.*, 10, 551–557.
- Faure, G. 1986. *Principles of isotope geology*. New York, John Wiley & Sons. 568 p.
- Harrison, T., R. Armstrong, C. Naeser, J. Harkal. 1979. Geochronology and thermal history of the Coast Plutonic Complex near Prince Rupert, British Columbia. — *Can. J. Earth. Sci.*, 16, 400–410.
- Ludwig, K. 1988. *A plotting and regression program for radiogenic-isotope data, for IBM-PC compatible computers*. Version 1.01, Denver. 38 p.
- Soldatos, T., G. Christofides. 1986. Rb-Sr geochronology and origin of the Elatia Pluton, Central Rhodope, North Greece. — *Geologica Balc.*, 16, 1, 15–23.
- Vassileff, L. 1994. Geological settings of the metallogenic prognosis in Strandza-Sakar (Southeastern Bulgaria). — *Geologica Balc.*, 24, 1, 3–24.
- York, D. 1966. Least-squares fitting of straight line. — *Canad. Jour. Phys.*, 44, 1079–1086.
- York, D. 1967. The best isochron. — *Earth Plan. Sci. Lett.*, 2, 479–482.

П. Лилов

Геологически институт, БАН

(Постъпила на 26.03.1996 г.)