

Магнезио-арфведсонити в жилин алкален сиенитпорфир от района на с. Свидня, Западна Стара планина

Людмил Грозданов

Grozdanov, L. 1999. Magnesio-arfvedsonites in a porphyroid alkaline syenite vein from the village of Svidnya, Western Stara Planina mountain. - *Geochem., Mineral. and Petrol.*, **36**, 125-135

Abstract. The investigated syenite vein, about 20 cm thick, is formed by porphyric K-feldspar (~15%, magmatic corroded crystals up to 1 cm in size) and includes scarce prismatic crystals of aegirine and amphibole. Groundmass (crystals up to 2 mm in size) consist of K-feldspar (~45%), magnesio-arfvedsonite (~20%), aegirine (~15%), and small crystals of quartz (~3%), and apatite (~2%), and single small (10-30 μm) barite grains. Compared with usual alkaline syenite, the studied rock is characterized by considerable content of mafic components, high MgO, low Al₂O₃, lack of plagioclase and high (K + Na)/Al = 1.87. The vein rock is from the Paleozoic (340 Ma) Svidnya hypabyssal potassic alkaline magmatic association (42°55'-42°57' N, 23°16'-23°18' E), which occurs as small intrusion and dykes of basic to intermediate ultrapotassic rocks from the transitional Group IV. Chemically characterized magnesio-arfvedsonite is described up to now in Bulgaria in two kinds of rocks from IV phase. Its crystals have variable zonal chemical composition. The studied vein rock has mineral and chemical composition similar to those of the rocks from III and IV phases, but this similarity is not complete. The magnesio-arfvedsonite crystals from the vein rock have long prismatic habit, [010]:[001] ratio 1:10 to 1:15 and rare faceting by {110} and more rare {010} forms. Z is grey brown, Y - yellow-brown with greenish tint, and X - yellow with brownish tint. The main structural formula is $(K_{0.47}Na_{0.37}Ba_{0.01})_{0.85}(Na_{1.58}Ca_{0.41}Mn_{0.01})_{2.00}(Mg_{2.68}Mn_{0.06}Fe^{2+}_{1.39}Fe^{3+}_{0.53}Al_{0.01}Ti_{0.33})_{5.00}(Si_{7.55}Al_{0.45})_{8.00}$ and $Mg/(Mg + Fe^{2+}) = 0.66$. The contents of the notable quantity of Ca, Ti and Al^{IV} show presences of kaersutite end member. Chemical variations in coarser crystals are insignificant. Increasing of NaB (1.74) and Fe³⁺ (0.76) and decreasing of Ca (0.26), Mg (2.58) and Fe²⁺ (1.12) is typical for smallest late formed crystals. Considerable parts of the studied vein rock are altered by magmatic fluids into pegmatoid aggregates (crystals up to 8 mm in size). They contain K-feldspars, magnesio-arfvedsonite, aegirine and small quantity of quartz, apatite and biotite. The crystals of the magnesio-arfvedsonite have prismatic habit, [010]:[001] mainly 1:3 to 1:5, the forms {110} and {010} being often represented. Z is grey-brown, Y - yellow-brown with greenish tint, and X - yellow. The main structural formula of the coarser crystals is $(K_{0.40}Na_{0.43})_{0.83}(Na_{1.77}Ca_{0.22}Mn_{0.01})_{2.00}(Mg_{2.62}Mn_{0.08}Fe^{2+}_{1.43}Fe^{3+}_{0.46}Al_{0.11}Ti_{0.30})_{5.00}(Si_{7.78}Al_{0.22})_{8.00}$, with $Mg/(Mg + Fe^{2+}) = 0.65$. Some participation of the kaersutite end member appears too. Some increasing of Fe³⁺ (0.44-0.46-0.75) and decreasing of NaA (0.50-0.43-0.24) and Fe²⁺ (1.49-1.43-1.16) is established without notable disturbing of the homogeneity. In the smallest and latest crystals these trends are partly shown (Fe³⁺ 0.68; NaA 0.33; Fe²⁺ 1.31), as Al^{IV} (0.40) partly increases.

Keywords: alkaline syenite, magnesio-arfvedsonite, Svidnya magmatic association

Address: Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria;

E-mail: grozdan@geology.bas.bg

Увод

Досега в България магнезио-арфведсонит е установен само в жилни скали от Свидненската хипоабисална калиевоалкална магматична асоциация, съответно в калиевоалкалните кварцтингваитпорфири и в последвалите ги тингваитаплити (Грозданов, 1965, 1969). В тези скали амфиболовите кристали показват отчетлива зоналност по отношение на оптичните си свойства, което явно е израз на вариации в състава. Доколкото химичните анализи са проведени по обемния метод (мокър анализ) на мономинерални проби, получените данни трябва да се схващат като усреднени. Изследваните магнезио-арфведсонити са от описвана за първи път за Свидненската асоциация алкална жилна скала и от нейните постмагматично преработени части. Техните кристали са с практически хомогенен химизъм, така че засега те могат да бъдат считани за най-добре индивидуализираните представители на този минерален вид у нас. Това, както и връзката им със специфичния по своя характер Свидненски магматизъм, аргументира целесъобразността от детайлното им изучаване. Химичните анализи по обемния метод (мокър анализ) са извършени в Геохимичните лаборатории на Геологическия институт. Микросондовите анализи са проведени с електронна микросонда JEOL Superprobe-733 по метода на EDS със стандарти в Лабораторията по електронна микроскопия и рентгенов микроанализ на секция Минералогия към Геологическия институт на БАН.

Свидненските калиевоалкални магматити са причислени към Старопланинския комплекс на алкалната габро-сиенитова формация (Магматизъм и металлогения, 1983). Възрастта им е палеозойска: 340 мил. г. по K-Ag метод (Лилов и др., 1968), 330 ± 20 мил. г. по изотопния състав на Pb в калиеви

фелдшпати и акцесорни галенити (Стефанова и др., 1974). Димитров (1937) разграничава три интрузивни фази, различаващи се по състав: I фаза - шонкинити с калиев характер, II фаза - калиевоалкални егириин-амфиболови кварц-сиенити, III фаза - калиевоалкални кварцтингваитпорфири (грорудитпорфири), означени и като егириин-амфиболови грорудитпорфири. Според Димитров (1937) Свидненските магматити са със специфичен минерален и химичен състав. Само преобладаващата част от скалите от I фаза наподобяват някои вулкански скали от рода на юмилити и орендити (Димитров, 1937, с. 314). Допълнителното установяване на жилни калиевоалкални биотит-амфиболови сиенитпорфири, образувани след I фаза и преди II фаза, дава повод за въвеждане на четири фазов модел, при който II и III фаза на Димитров (1937) се приемат за III и IV фаза (Грозданов, 1965). Този модел е възприет и в настоящата работа. Според Стефанова (1966) Свидненските калиевоалкални скали са хетероморфни на уайомингитите и са продукт на калиев магматизъм аналогичен на този от областта Люсайт Хилс, Уайоминг (САЩ) и Западен Кимберли (Западна Австралия). За скалите от I, II и III фаза на Димитров (1937). Тя предлага термините лампроити, левколампроити и лампроитови порфирити. Стефанова и др. (1974), Стефанова, Бояджиева (1975) и Стефанова (1976) дават подробна концепция за развитието на процесите в Свидненската асоциация, в основата на която стои приемането за две интрузивни фази и две свързани с тях групи от жилни скали. Фактически пак се стига до четирикратно интродуиране. Въведени са и редица нови термини като собствено магматични биотитови лампроити, биотит-амфиболови лампроити, свиднеитови,

свиднеит-егиринови и егиринови лампроити, биотит-актинолитови лампроити, катофоритови лампроити и др. (Стефанова и др., 1974; Стефанова, Бояджиева, 1975; Стефанова, 1976). По данните на Стефанова (1966) Foley et al. (1987, Table I) причисляват скалите от Свидненската асоциация към група IV на ултракалиевите скали ($K_2O > 3$ тегл.%, $MgO > 3$ тегл.% и $K_2O/Na_2O > 2$), която е преходна на останалите три групи, съответно група I - лампроити, група II - камафугити и група III - скали от орогенни области. При това положение терминът "лампроит" не може да се използва за скалите от Свидненската асоциация. Трябва също да се има предвид, че поне досега в лампроити не е установяван егирин (Богатиков и др., 1985; Foley et al., 1987; Митчелл, 1988; A classification... 1989; Wilson, 1989; Панина, Владыкин, 1994; Müller, Groves, 1995; Владыкин, 1997). Освен това въведеното от Минчева-Стефанова (1951) минерално име "свиднеит" е извадено от употреба от Leake (1978).

Описание на находището

Изследваната жилна скала (обр. No 56) се разкрива в най-източните части на северната крайнина на голямото интрузивно тяло в района на махалата Падеж на с. Свидня. Заляга сред богати на биотит шонкините. Значителното изветряне на тези скали в разглежданото находище осуетява възможността за причисляването им към описаните от Димитров (1937) егирин-авгит-биотитови или авгит-биотит-катофоритови шонкините (с катофорит до 5%). Жилата е мезократна, вертикална, с посока север-юг. Мощността ѝ е около 20 cm, а видимата ѝ дължина достига 1,5 m. Скалата е отчетливо порфирна по калиевия фелдшпат, представен от едри до 1 cm, идиоморфни, плочести по {010} индивиди с бледо

сиворозов цвят и частично флуидална ориентация и забележима магматична корозия. Само в отделни участъци на неговите кристали се установява мрежест строеж, показателен за триклинизация. Характерно за състава на калиевия фелдшпат е умерено съдържание на Fe_2O_3 , понижено на Na_2O и участие на BaO (табл. 1). Съвсем рядко в него се наблюдават дребни призматични кристалчета от егирин и амфибол, който по всяка вероятност е алкален (плеохроитното му оцветяване е с виолетов оттенък). Сивозелената основна маса на скалата е изградена главно от калиев фелдшпат, магнезио-арфведсонит и егирин, малко кварц и сравнително добре представен апатит. Размерите на минералните индивиди варират от десети от mm до 2 mm. Структурата на основната маса е алотриоморфнозърнестта при изразен идиоморфизъм на по-едрите индивиди на калиевия фелдшпат и на апатита. Последният е в дребни призматични кристалчета, докато кварцът е изцяло ксеноморфен. Егиринът показва зонално изменение на химизма. Най-външната зона на по-едрите кристали и съвсем дребните негови индивиди са близки по състав до теоретичния състав на егирина (табл. 1). Във вътрешните и междинни части на по-едрите кристали съдържанието на MgO и CaO е около 3%, а Fe_2O_3 се увеличава от 24 до 27%. При проведените микросондови изследвания в основната маса се установиха и съвсем дребни (10-30 μm) ксеноморфни зърна от барит (65,45% BaO и 34,55% SO_3) в основната маса на скалата. Ориентировъчно се определят следните обемни количества на минералите, изграждащи скалата: 60% калиев фелдшпат (порфирен 15% и 45% в основната маса), 20% магнезио-арфведсонит, 15% егирин, 3% кварц и 2% апатит. Данните за нормативния минерален състав на скалата по CIPW (в тегл.%) са следните:

Таблица 1. Химични анализи на жилната скала (1), порфирен калиев фелдшпат (2), егирин от основната маса (3), постмагматично преработена скала (4) (тегл. %)

Table 1. Chemical analyses of the vein rock (1), porphyric K-feldspar (2), aegirine from the groundmass (3), pegmatoid aggregate (4) (wt %)

No	1	2	3	4 ¹
SiO ₂	57,16	63,12	51,67	53,20
TiO ₂	1,25	0,06	1,45	0,65
Al ₂ O ₃	9,03	17,48	0,44	9,07
Fe ₂ O ₃	6,27	2,06	30,49	5,99
FeO	3,15	0,38	n. d.	3,47
MnO	0,20	0,10	0,41	0,60
MgO	3,97	0,36	1,53	5,44
CaO	2,93	0,59	0,15	4,39
BaO	1,07	0,93	0,00	1,44
Na ₂ O	4,55	1,42	12,97	3,96
K ₂ O	8,64	12,71	0,06	8,10
P ₂ O ₅	1,04	0,18	n. d.	2,16
H ₂ O ⁻	0,08	0,07	n. d.	0,09
H ₂ O ⁺	0,55	0,12	n. d.	0,75
CO ₂	0,14	0,09	n. d.	0,20
Σ	100,03	99,67	99,17	99,73

¹SrO 0,22 %

Анализи: 1, 2 и 4 - тегловни, 3 - микросондов
Analyses: 1, 2 and 4 - wet chemical, 3 - microprobe

егирин 18,36; апатит 2,49; калцит 0,32; диопсид 7,17; хиперстен 10,70; илменит 2,40; калиев метасиликат 0,49; натриев метасиликат 4,22; ортоклаз 49,91 и кварц 3,92. Сумата от диопсид, хиперстен, калиев метасиликат, натриев метасиликат и илменит, която е 24,98, показва количеството на магнезио-арфведсонита. Като се има предвид по-голямото относително тегло на егирина (3,55), магнезио-арфведсонита (3,20) и апатита (3,2), спрямо това на калиевия фелдшпат (2,55-2,57) и кварца (2,65), се стига до извода за приемливо съвпадение на визуално преценените обемни количества с тези от нормативия състав. Само по отношение на кварца има минимално понижение.

Минералният състав на изследваната скала показва прилика със скалите от III и IV фаза (Димитров, 1937; Грозданов, 1965), но са налице и известни различия. В егирин-

амфиболовите кварцсиенити егиринът е чувствително по-малко (~6%) и акцесорни минерали са магнетит, титанит, албит и биотит. В кварцтингваитпорфирите егиринът е значително повече (~24%), като второстепенен минерал е представен биотит (~3%), а като акцесорен - титанит. Също така в изследваната скала порфирният калиев фелдшпат е магматично кородиран. Прекъсване на кристализацията на калиевия фелдшпат е отбелязано досега само при биотит-амфиболовите сиенитпорфири (Грозданов, 1965). Описаните от Вутов (1973, обр. No 421 и 424) като меланократни съолвсбергити и съолвсбергитпорфири скали, които се приемат за аналогични на кварцтингваитпорфирите, също показват близост по своя минерален състав с изучаваната скала, но в тях се съдържа и албит. Близостта се подсилва и от отсъствието на биотит и магнетит в посочените за сравнение скали.

По своя химичен състав изследваната скала (табл. 1) е също най-близко до скалите от III и IV фаза, но със значително по-висока стойност на отношението (K + Na)/Al = 1,87. Според Алексиев и др. (1966) това отношение при Свидненските магматити достига най-много до 1,70. Тези автори стигат до извода, че в хода на диференциация на Свидненските магматити ролята на Na нараства спрямо тази на калия, при което K/Na намалява от 2 до 1,3. В изследваната скала K/Na = 1,25, т.е. съвпада с посочената минимална стойност. Според предложената от Драгов (1962) класификация за Свидненската асоциация величините $al - alk = -8$ и $k = 0,56$, отнасят изучаваната скала към групата на калиевите магматити с висока алкалност, към която са причислени егирин-амфиболовите кварцсиенити с техния тингваитов фацис и кварцтингваитпорфирите. Количествата на K₂O и MgO в изследваната скала отговарят на изискванията за ултракалиевии скали, а отношението K₂O/Na₂O = 1,90 е малко по-ниско от тези изисквания (Foley et al., 1987).

Заслужава да се отбележи, че и кварцтингваитпорфирът от разкритието под махала Песоко (Димитров, 1937, обр. No XIII), в който е установен магнезио-арфведсонит (Грозданов, 1969, обр. No 44), е с аналогично отношение $K_2O/Na_2O = 1,91$. В някои от публикуваните анализи на Свидненски магматити това отношение е също под 2, а в отделни образци и MgO е под 3 тегл.%, Това явно са само локални отклонения, които не оспорват като цяло отнасянето на Свидненската асоциация към ултракалиевите скали. Изтъкнатите особености на минералния и химичния състав на изследваната скала, въпреки някои различия, както и нейното залягане в сред скали от I фаза, дават основание тя да бъде причислена към Свидненската асоциация.

Установените особености на структурата, минералния и химичния състав, в съответствие със съвременните номенклатурни критерии (Магматическите горные породы..., 1983), определят изследваната скала като меланократен алкален егирин-магнезио-арфведсонитов сиенитпорфир от калиево-натриевата серия. От по-често разпространените алкални сиенити тя се различава по повишено съдържание на ферични компоненти, особено MgO, нисък Al_2O_3 , отсъствие на плагиоклаз и изключително висок коефициент на агаптитност.

Преобладаващата част от изследваната жила скала е постмагматично преработена (обр. No 56/1). В резултат се получава пегматоиден агрегат, особено интензивно развит в нейните осевни части. В първичния си вид скалата е запазена като вариращи по размери "ядки" със заоблени или отчасти ъгловати очертания, на места свързани помежду си. Максималните им размери са 10 cm. В тях порфирите от калиев фелдшпат са с ориентация субпаралелна на контактите на жилата. Преходът към постмагматично преработените части е постепенен. Тук-там се наблюдава асимилиране на фенокристалите на калиевия фелдшпат. Като цяло постмагматично преработените части са по-

едрозърнести от основната маса на първичната жила скала. Количествените вариации в минералния състав, включващ калиев фелдшпат, магнезио-арфведсонит, егирин, малко кварц и сравнително много апатит са значителни. Структурата е алотриоморфнозърнеста. Изгледът е предимно мезократен, сивозелен. В отделни участъци размерите на минералните индивиди варират в значителни предели, като тези на магнезио-арфведсонита и егирина достигат до 7-8 mm. Много рядко са представени малки лещи и гнезда с размери 3-4 до 5-6 cm с по-левкократен изглед, обусловен от повишено участие на кварц. В някои от тях са развити и друзовидно обрасли кухинки, в които на места идва и биотит в плочести кристали с удължена шестоъгълна форма, достигащи до 8 mm. От свързаните със скалите на Свидненската асоциация пегматоидни минерализации (Димитров, 1937; Арнаудов, Петрусенко, 1965; Грозданов, 1965, 1969) по своя минерален състав разглежданите мезократните части на описваната жила са най-близки до установените от Димитров (1937) в кварцтингваитпорфирите по-късни минерализации (означени са като тингваит-аплитни образувания), но без ивичесто съсредоточаване на саличните и феричните минерали и без агрегатите от ситноиглест егирин. Тези минерализации са причислени от Димитров (1937) към обособения от него аплитно-пегматитов фациес. Към него явно принадлежат и постмагматично преработените части на скалата. Специално за малките гнезда и лещи може да се уточни, че подобни на тях се срещат из авгит-катофоритовите шонкините с биотит от северозападния склон на вр. Лиляко. Единствено по-съществено различие спрямо тях е участието на биотит в малките гнезда и лещи в постмагматично преработените части на изучаваната скала, който досега не е установяван в Свидненските пегматоидни образувания. От проведените микросондови изследвания проличава и участие на съвсем дребни (10-30 μm), с неправилна форма

индивиди на богати на Ва и Тi минерали, в състава на които е включено и забележимо количество от Nb. Тяхното характеризирание изисква допълнителни изследвания. Химичният състав на преобладаващите по обем постмагматично преработени мезократни части на скалата (табл. 1) показва значителна близост с този на жилната скала при $K_2O/Na_2O = 2,05$.

Морфология и оптични свойства

Размерите на магнезио-арфведсонитовите кристали от основната маса на жилната скала варират значително и достигат 2 mm. Хабитусът им е дългопризматичен, при отношение $[010]:[001]$ предимно в интервала 1:10-1:15. Формата $\{110\}$ е слабо изразена. Още по-рядко се среща формата $\{010\}$. На цвят амфиболът е чернозелен. Плеохроизъм: по Z - съвсем тъмно сивокафяв, по Y - жълтокафяв със зеленикав оттенък, по X - жълт с кафяв оттенък, $Z > Y > X$, $c/Y 44^\circ$, $Z \equiv b$.

Магнезио-арфведсонитовите кристали от постмагматично преработените части на скалата по дължина достигат до 8 mm. Сравнително често се срещат еднакво развити формите $\{110\}$ и $\{010\}$. Хабитусът е призматичен при отношение $[010]:[001]$ главно в пределите 1:3 до 1:5. Амфиболът е с чернозелено оцветяване. Плеохроизъм: по Z - съвсем тъмно сивокафяв, по Y - жълтокафяв със зеленикав оттенък, по X - жълт, $Z > Y > X$, $c/Y 39^\circ$, $Z \equiv b$.

Както в изследваната скала, така и в нейните постмагматично преработени части в прерези //c в някои от по-едрите индивиди от магнезио-арфведсонит плеохроитното оцветяване е по-интензивно в периферните части, без обаче да следва границите на кристалите. Това явление е съпътствано и от неравномерно изразено вълновидно потъм-

нение. В пререзите $\perp c$ тези особености не се установяват. По всяка вероятност става въпрос за проява на ефекти от механични напрежения и деформации, обусловени от по-късни тектонски процеси.

Химизъм

Съставът на изследваните магнезио-арфведсонити е характеризирани с 22 микросондови анализа: 12 за този от основната маса на жилната скала и 10 за този от нейните постмагматично преработени части (табл. 2). Анализирани са както хомогенни в оптично отношение кристали, така и с частично изразена зоналност в прерези //c. Забележими различия не се установяват, което потвърждава допускането за ефекти от механични напрежения и деформации вследствие на по-късни тектонски процеси.

В съответствие с дадените от Leake (1978) указания, разграничаване на Fe^{3+} и Fe^{2+} е извършено по данни от структурни формули, изчислени на база от 13 катиона (без Ca, Na и K). От получените стойности са определени Fe_2O_3 и FeO, с които, съгласно Parike et al. (1974), са изчислени структурни формули на база от 23 кислородни атома (табл. 2). За контрол е изчислено и Fe^{3+} по предложената от Parike et al. (1974) формула. Установява се задоволително съответствие, което е показателно както за достоверността на анализите, така и за ефективността на приложения комплекс от структурни преизчисления. Показателна е и близостта на стойностите за $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ за магнезио-арфведсонита от скалата - 0,66-0,70 и за скалата - 0,69, тъй като Mg и Fe^{2+} се включват главно в амфибола.

Таблица 2. Представителни микросондови анализи на магнезио-арфведсонити (тегл.%)

Table 2. Representative microprobe analyses of magnesio-arfvedsonites (wt.%)

No	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	51,79	51,66	53,18	53,38	53,13	53,23	53,42	52,09
TiO ₂	2,93	3,06	2,44	3,11	3,00	2,75	2,70	2,85
Al ₂ O ₃	2,59	2,63	2,15	1,81	2,08	1,97	2,07	2,51
FeO ⁵	15,13	15,63	15,72	15,56	15,89	15,47	15,80	16,34
MnO	0,50	0,55	0,59	0,72	0,45	0,71	0,61	0,74
MgO	12,44	12,31	12,48	11,96	12,06	12,02	12,34	11,40
CaO	2,76	2,63	2,24	1,67	1,22	1,41	1,23	2,36
Na ₂ O	6,75	6,89	7,00	7,31	8,16	7,78	7,27	6,95
K ₂ O	2,66	2,59	2,50	2,47	2,39	2,18	2,38	2,57
BaO	0,00	0,18	0,34	0,05	0,00	0,00	0,09	0,34
Σ	97,55	98,13	98,64	98,02	98,38	97,52	97,91	98,15
Fe ₂ O ₃ ¹	4,02	4,73	4,69	7,00	4,02	4,18	6,89	6,17
FeO ¹	11,51	11,37	11,50	9,26	12,27	11,70	9,60	10,78
K	0,49	0,47	0,47	0,45	0,44	0,40	0,43	0,47
Na	0,34	0,37	0,32	0,31	0,50	0,43	0,24	0,33
Ba	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
A	0,83	0,85	0,81	0,76	0,94	0,83	0,68	0,82
Na	1,57	1,58	1,65	1,74	1,81	1,77	1,79	1,53
Ca	0,43	0,41	0,35	0,26	0,19	0,22	0,19	0,47
Mn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
B	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mg	2,71	2,68	2,70	2,58	2,61	2,62	2,66	2,48
Mn	0,06	0,06	0,07	0,09	0,05	0,08	0,06	0,09
Fe ²	1,40	1,39	1,39	1,12	1,49	1,43	1,16	1,31
Fe ³	0,44	0,53	0,50	0,76	0,44	0,46	0,75	0,68
Al	0,05	0,01	0,07	0,02	0,07	0,11	0,07	0,04
Ti	0,32	0,33	0,27	0,34	0,33	0,30	0,30	0,32
C	4,98	5,00	5,00	4,91	4,99	5,00	5,00	4,92
Si	7,61	7,55	7,70	7,71	7,72	7,78	7,72	7,60
Al	0,39	0,45	0,30	0,29	0,28	0,22	0,28	0,40
T	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
m	0,66	0,66	0,66	0,70	0,64	0,65	0,70	0,65
Na	1,91	1,95	1,97	2,05	2,31	2,20	2,03	1,96
Al	0,44	0,46	0,37	0,31	0,35	0,33	0,35	0,44
Fe	1,84	1,92	1,89	1,88	1,93	1,89	1,91	1,99
Fe ³ /Fe	0,24	0,28	0,26	0,40	0,23	0,24	0,39	0,34
Fe ^{3*}	0,48	0,50	0,52	0,75	0,44	0,55	0,71	0,57

m = Mg / (Mg + Fe²)

¹ Съдържания, определени по данни за Fe³ и Fe² от структурни формули изчислени на база от 13 (без Ca, Na и K) катиона. № 1, 2, 3 и № 5, 6, 7 – централна, преходна и най-външна част от едри кристали от скалата и от пегматоидния агрегат, № 4 и 8 дребни хомогенни кристали. *Изчислено по формулата на Papike et al. (1974) с допълнителна корекция за Ba и вакантни октаедрични места

¹ Contents, determined from Fe³ and Fe² data, calculated on 13eCNK structural formulae; № 1, 2, 3 and external parts of coarses crystals from the rock and from the pegmatoid aggregate, № 4 and 8 – small homogeneous crystals. *Calculated by Papike's et al. (1974) formula $Fe^3 = Al^{IV} + NaM4 - (Na,K) A - 2Ti$ with additional correction for Ba and vacant octahedral position

Според Leake et al (1997) изискванията за минералния вид магнезио-арфведсонит са следните: $\text{NaB} > 1,50$; $(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn}^{2+}) > 2,5$; $(\text{Al}^{\text{VI}}$ или $\text{Fe}^{3+}) > \text{Mn}^{3+}$; $\text{Li} < 0,5$; $(\text{Mg}$ или $\text{Fe}^{2+}) > \text{Mn}^{2+}$; $(\text{Na} + \text{K}) > 0,50$; $\text{Al}^{\text{VI}} < \text{Fe}^{3+}$; Si от 7,5 до 8,0. За изучаваните амфиболи не са проведени специализирани изследвания за разграничаване на Mn^{2+} и Mn^{3+} , но предвид нищожното съдържание на манган, дори и да участва Mn^{3+} , условието $(\text{Al}^{\text{VI}}$ или $\text{Fe}^{3+}) > \text{Mn}^{3+}$ би било спазено. Съпоставянето на останалите изисквания с изчислените структурни формули (табл. 2) показва принадлежността на изследваните амфиболи към минералния вид магнезио-арфведсонит. Съдържанието на K и Ti (с изключение на No 3) в интервала 0,29-0,49 уточнява принадлежността им към разновидността калий- и титансъдържащ магнезио-арфведсонит.

Като представителна структурна формула за едрите магнезио-арфведсонитови кристали от изследваната скала може да се приеме тази за техните преходни части (табл. 2, No 2), въпреки че вариациите в състава на най-вътрешните и най-външните части на кристалите са нищожни. Приблизително еднаквото количество на Ca , Ti и Al^{IV} е показателно за известно участие на керсутитов краен член. В дребните, най-късно образувани магнезио-арфведсонитови кристали, се проявява тенденция към увеличаване на NaB (1,74) и Fe^{3+} (0,76) и намаляване на Ca (0,26), Mg (2,58) и Fe^{2+} (1,12).

За едрите магнезио-арфведсонитови кристали от постмагмаично преработените части на скалата като представителна структурна формула се очертава също тази за преходните им части (табл. 2, No 6). Отново проличава известно участие на керсутитов краен член. От вътрешните към най-външните части на кристалите се проявяват минимални вариации: повишаване на Fe^{3+} (0,44-0,46-0,75), намаляване на NaA (0,50-0,43-0,24) и Fe^{2+} (1,49-1,43-1,16). В дребните, най-късно образувани магнезио-арфведсонитови кристали, тези тенденции

са частично проявени (Fe^{3+} 0,68; NaA 0,33; Fe^{2+} 1,31).

По своя химизъм двата изследвани магнезио-арфведсонита са твърде близки. От сравняването на посочените представителни състави все пак проличават следните по-ясно изразени различия. В магнезио-арфведсонита от постмагматично преработените части на скалата се съдържа повече NaA (1,58 спрямо 1,77), Al^{VI} (0,01 спрямо 0,11), сумарно количество от Na (1,95 спрямо 2,20) и по-малко Ca (0,41 спрямо 0,22), Al^{IV} (0,45 спрямо 0,22) и керсутитов краен член (0,41 Ca , 0,33 Ti , 0,45 Al^{IV} спрямо 0,22 Ca , 0,30 Ti , 0,22 Al^{IV}).

По данни от полуколичествен спектрален анализ мономинерална проба от магнезио-арфведсонита от постмагматично преработените части на скалата съдържа (в ppm) Zn и Cu 400, Pb 200, Ni и V 150, Ba и Cr 100, Co 30, Ga и Sn 10, Ge 4, Be и Mo 3 (Геолаб. при ГИ БАН).

Генетични тълкувания

Значителните различия в размерите на кристалите на порфирния калиев фелдшпат спрямо тези на минералите от основната маса на скалата, вариращите размери на минералните индивиди в нея, както и корозията на порфирния калиев фелдшпат, дават основание за разграничаване на два етапа на кристализация. През първия, подълбочинен етап се образува порфирният калиев фелдшпат. Включените в него съвсем дребни индивиди от амфибол и егирин вероятно са най-ранните образувания от този етап, но е допустимо и да са ксеногенни. На прехода от първия към втория етап настъпват изменения в условията, които са довели до корозията на порфирния калиев фелдшпат. През вторият етап се осъществява постепенно охлаждане на магмата, обусловено от нейното издигане, в хода на което започва образуването на най-едри индивиди на основната маса. При нейното внедряване се формират най-дребните кристали от калиев

фелдшпат, магнезио-арфведсонит и егирин, а при евтектичната кристализация се присъединява и кварц. Образоването на апатит се осъществява през втория етап.

Теренните съотношения показват само, че изследваната скала е образувана след I фаза. Според Алексиев и др. (1966) в хода на диференциацията на Свидненските магматити $(K + Na)/Al$ нараства от 0,94 до 1,70, а K/Na намалява от 2 до 1,3. Доколкото за изследваната скала тези две характеристики са съответно 1,87 и 1,25, може да се предположи, че тя е продукт на една най-късно диференцирана магма. От известните досега данни съдържанието на CaO в Свидненските магматити варира от 0,20 до 0,63% (Димитров, 1937; Стефанова, 1966), докато в изследваната скала е 1,07% и достига 1,44% в нейните постмагматично преработени части. Тези особености също могат да се считат като показателни за късно време на образуване, когато се осъществява обогатяване на CaO . Съществена характеристика при уточняване тенденциите на диференциацията е магнезиевият номер. За изследваната скала той е $100Mg/(Mg + Fe) = 45,6$, докато за най-късните диференциати, представени от кварцингваитпорфири (обр. No XIII и XIV на Димитров, 1937) е съответно 34,9 и 42,9. Значително по-високият магнезиев номер на изследваната скала изисква да се приеме нейното по-ранно формиране. Заслужава внимание и обстоятелството, че SiO_2 в двата посочени образеца от кварцингваитпорфири, съответно 59,06 и 62,16%, е значително по-голямо от това в изследваната скала, което също е в полза на приемането за нейното по-ранно образуване. Явно по-увереното решаване на този въпрос изисква детайлно характеризиране на тенденциите на диференциацията при Свидненската асоциация. Засега все пак заслужава да се отбележи, че по-високият магнезиев номер и по-ниското съдържание на SiO_2 в изследваната скала може да се дължат на привнос на фемични компоненти в резултат

на асимилация, каквато се предполага от Алексиев (1965, 1966). На неравномерна проява на този процес вероятно се дължат и значителните различия в магнезиевия номер и съдържанието на SiO_2 в двата посочени образеца от кварцингваитпорфири. Обилието на порфирен калиев фелдшпат в изследваната скала, който е претърпял магматична корозия, допуска и възможност за специфична кристализационна диференциация, обуславяща намаляване количеството на SiO_2 в остатъчната магма и понижаване на отношението K_2O/Na_2O .

Твърде близкият химизъм на изследваната скала и на нейните постмагматично преработени части, както и на състава на двата изследвани магнезио-арфведсонита, дава известно основание да се предположи, че процесът на постмагматична преработка е протекъл непосредствено след кристализацията на скалата под влияние на нейните собствени остатъчни флуиди. В края на този процес са настъпили забележими изменения в състава на флуидите по посока на увеличаване на SiO_2 и накрая на калия и мафичните компоненти. Това е фиксирано от образуването на повече кварц и след него на биотит в пегматоидните лещи, срещащи се из постмагматично преработените части на скалата. На свой ред значителната по своя обхват постмагматична преработка на скалата предполага връзка в дълбочина с по-голям обем от магма, от която са постъпвали флуиди, при това и в по-продължителен интервал от време, предвид изтъкнатите изменения в техния химизъм.

Близостта в състава на двата изследвани магнезио-арфведсонита поставя и въпроса дали под влияние на постмагматичните флуиди магнезио-арфведсонита от скалата не е претърпял дифузионно преобразуване. Отсъствието на нехомогенности в неговите кристали, както и различията в състава на двата магнезио-арфведсонита дава известно основание да се изключи възможността за дифузионно преобразуване на магнезио-арфведсонита от

жилната скала. Допустимо е обаче дифузионно преобразуване на порфирния калиев фелдшпат, тъй като съдържанието на Na_2O в него е сравнително ниско. Възможно е обаче неговата кристализация да е протекла в залягаща в дълбочина магма с твърде ниско съдържание на този компонент, каквото може да се очаква при ултракалиевите магми.

Дори и да се допусне дифузионно преобразуване на магнезио-арфведсонита от скалата, хабитусът на неговите кристали най-вероятно е запазил първичният си вид. Според концепцията на Kostov (1977) за генетичното значение на хабитуса на кристалите на минералите, по-удълженият кристален хабитус на магнезио-арфведсонита от изследваната скала, спрямо този на магнезио-арфведсонита от постмагматично преработените части на скалата, е показателно за по-висока степен на пресищане при кристализацията на жилната скала, спрямо тази при процеса на постмагматичната преработка.

Благодарности: Изследването беше финансово подкрепено от Националния фонд "Научни изследвания", договор НЗ-434. Изказвам своята благодарност и на ст. н. с. Й. Янев и ст. н. с. П. Марчев за предоставена ми литература и дадени консултации.

Литература

- Алексиев, Ел. 1965. Геохимическая корреляция древнепалеозойских интрузивных пород из Стара-планины и Трынского района при помощи редких и рассеянных элементов. - КГБА, VII конгресс, София. Доклады, часть III, 9-15.
- Алексиев, Ел. 1966. Редките и разсеяни елементи в старопалеозойските интрузивни скали от Стара планина и Трънско. - *Тр. геол. Бълг., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, **6**, 49-66.
- Алексиев, Ел., М. Стефанова, Р. Бояджиева. 1966. Геохимични изследвания на редкоземните елементи в Свидненските калиево-алкални скали. - *Тр. геол. Бълг., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, **6**, 27-34.
- Арнаутов, В., Св. Петрусенко. 1965. Малакон и торогумит от с. Свидня, Софийско. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, **26**, 2, 199-203.
- Богатиков, О. А., Ю. Л. Махоткин, В. А. Кононова. 1985. Лампроити и их место в систематике высокомагнезиальных калиевых пород. - *Изв. АН СССР, сер. геол.*, **12**, 3-10.
- Владыкин, Н. В. 1997. Геохимия и генезис лампроитов Альданского щита. - *Геол. и геофиз.*, **38**, 1, 123-135.
- Вутов, И. 1973. Принос към петрографията и петрохимията на алкалните скали от околностите на Сеславци, Бухово и Свидня, Софийско. - *Год. ВМГИ*, **19**, 2, 115-149.
- Грозданов, Л. 1965. Последователност в образуването и кристализацията на Свидненските калиево-алкални магматити. - *Изв. Научно-изслед. геол. инст.*, **2**, 383-398.
- Грозданов, Л. 1969. Кристалохимични и рентгенографски изследвания на някои от амфиболите на Свидненските калиево-алкални магматити. - *Изв. Геол. инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, **18**, 123-143.
- Димитров, С. 1937. Принос към изучаването на нашите калиево-алкални скали. Еруптивните скали при с. Свидня. - *Год. Соф. унив., Физ.-мат. фак.*, **33**, 3 - *Ест. история*, 291-343.
- Драгов, П. 1962. Върху геоложкото положение и петрографския характер на калиевите скали от херцинските структури в Стара планина и Краището. - *Тр. геол. Бълг., сер. геохим. и пол. изкоп.*, **3**, 237--250.
- Лилов, П., Л. Грозданов, Ив. Пеева. 1968. Относно абсолютната възраст на Свидненските и Сеславските магматити. - *Изв. Геол. Инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, **17**, 79-82.
- Магматизм и металлогения Карпато-Балканской области. Богданов, Б., Е. Димитрова (гл. ред.). 1983. Объяснительная записка к карте магматических формаций и металлогенической карте Карпато-Балканской области масштаба 1 : 1 000 000. С., БАН, 300 с.
- Магматические горные породы. Классификация, номенклатура, петрография.* Часть 2. Богатиков, О. А. (гл. ред.). 1983. М., Наука, 370-768.
- Минчева-Стефанова, Й. 1951. Върху алкалните амфиболи от калиево-алкалните кварцсенини при с. Свидня, Софийско. - *Изв. на Геол., Геогр. и Хим. инст. на БАН*, **1**, 41-57.
- Митчелл, Р. Х. 1988. Лампроити - семейство щелочных горных пород. - *Зап. Всес. минер. общ.*, **117**, **5**, 575-586.
- Панина, Л. И., Н. В. Владыкин. 1994.

- Лампроитовые породы Морунского массива. - *Геол. и геофиз.*, **35**, 1, 100-113.
- Стефанова, М. 1966. Петрохимични особености на Свидненските калиевоалкални скали. - *Изв. Геол. инст., сер. геохим., минерал. и петрогр.*, **15**, 191-203.
- Стефанова, М. 1976. Сравнителна петрохимическа характеристика палеозойских калиево-щелочных магматических пород в Болгарии. - *Geol. Balcanica*, **6**, 1, 61-80.
- Стефанова, М., М. Павлова, Бл. Амов. 1974. Геохимия и изотопен състав на оловото в калиевоалкални скали с лампроитов химизъм. - В: *Минерогенезис*, С., БАН, 333-348.
- Стефанова, М., Р. Бояджиева. 1975. Към геохимията на ниобия и тантала в калиевоалкалните лампроитови скали от с. Свидня, Софийско. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **3**, 16-30.
- A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Le Maitre, R. W. (Ed.) 1989. Oxford, Blackwell Sci. Publ., 193 p.
- Foley, S. F., G. Venturelli, D. H. Green, L. Toscani. 1987. The ultrapotassic rocks: Characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. - *Earth Sci. Rev.*, **24**, 81-134.
- Kostov, I. 1977. Crystal chemistry of the minerals: Relationship between crystal structure, condition of crystallization and growth morphology. - *Геохим., минерал. и петрол.*, **7**, 3-21.
- Leake, B. E. 1978. Nomenclature of amphiboles. - *Mineral. Mag.*, **42**, 533-563.
- Leake, B. E. et al. 1997. Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. - *Eur. J. Mineral.*, **9**, 623-651.
- Müller, D., D. I. Groves. 1995. *Potassic Igneous Rocks and Associated Gold-Copper Mineralization*. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 210 p.
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. London, Harper Collins Academic, 466 p.

Приета на 27. 05. 1998 г

Accepted May 27, 1998