

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	61	2	433–452	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	---------	---

УДК 552.08:551.761:553.53(497.11–15)

Оригинални научни рад

ПЕТРОЛОГИЈА ТРИЈАСКИХ ВУЛКАНИТА СОКО–ГРАДА (ЗАПАДНА СРБИЈА)

од

Аие Жакнић*, Данице Срећковић** и Велимира Јовановића*

У раду је дат приказ минералогско–петрографских и петрохемијских карактеристика појаве вулканских стена тријаске старости у близини Соко–Града у западној Србији. Коришћењем дискриминационих тектономагматских дијаграма и поређењем карактеристика ових стена са одговарајућим продукцијама тријаског вулканизма проучаваним на суседним локалитетима, изнете су претпоставке о геотектонском смештају и њиховој генези.

Кључне речи: порфирити, калкоалкални карактер, субмаринско порекло, субдукција, тријас.

УВОД

Вулканске стене тријаске старости јављају се на више локалности у западној Србији. Мада ове појаве по својим димензијама нису велике, из досадашњих истраживања се може видети да је њихов значај велики у тумачењу геотектонских односа у време настанка ових стена.

У овом раду петролошки је обрађена појава тријаских вулканита код Соко–Града у близини Љубовије. Ова појава је део око 15 km дугачке и око 1–1.5 km широке, зоне која се пружа од Рујевца (542) на северозападу до Горње Љубовије на југоистоку.

Терепска истраживања обављена су у октобру 1994. и финансирана су из средстава Фонда за научна истраживања САНУ. Хемијске анализе главних елемената урађене су у Лабораторији за петрологију Рударско–геолошког факултета, а елементи у трогови-ма одређени су у ИГЕМ–у у Москви (аналитичар Т. Марченко).

ЛИТЕРАТУРНИ ПОДАЦИ

Прва геолошка испитивања о ефузивним стенама на овим теренима обавио је Жујовић (1893). Цвијић (1924) је дао приказ орографске подринске области и установио да боре имају динарско пружање.

Од нарочитог значаја за познавање геолошких односа на теренима Подриња и западне Србије уопште, јесу радови Симића (1933–1957). Његова истраживања обухватају фау-

* Географски факултет, Студентски трг 3/III, Београд.

** Рударско–геолошки факултет, Бушина 7, Београд.

иститичке одредбе палеозојских стена јадарске серије, проучавање тектонских односа у подринским планинама и стратиграфског положаја дијабаз–ројначке формације у овим теренима, а 1957. године обрадио је и металогенију овога дела западне Србије.

Приликом израде Основне геолошке карте, лист "Љубовија" (Kubat i dr., 1968), вулканске стене тријаске старости су одређене као "лабрадорски андезити".

Од новијих истраживања која се односе на вулканизам тријаске старости, на листу "Љубовија" и на ширем подручју, треба издвојити радове Мојсиловића и Аврамовића (1962/63) који на подринским планинама констатују појаве порфирита и кварцпорфирита, као и одговарајућих вулканских бреча и туфова. По њима, на локацијама које су испитивали, преовлађују вулканокластити.

Детаљна проучавања тријаских вулканита западне Србије, северно од Дринско–ивањичког кристалина, налазимо у раду Кнежевић и др. (1978). Овде је дат преглед појава вулканских и вулканокластичних стена у тој области као и њихове петролошке и хемијске карактеристике. Према ауторима, ове стене припадају тријаској вулканогено–седиментној серији ("порфирит–ројначкој"), која је везана за кречњачко–лоломитски појас средњег тријаса.

Ова серија је, по њима, у вези са процесима разламања динаридске плоче отпочетим у средњем тријасу.

Карактер вулканизма је претежно интермедијаран, а од стена се појављују порфирити, кератофири и кварцкератофири и ређе базичнији варијетети.

Најновија истраживања, приликом којих су обављене детаљне петрохемијске анализе вулканита коришћењем садржаја и међусобних односа елемената у траговима, рађени су Кнежевић и др. (1987/89), Јовановић (1994) и Јовановић и Мрда (1994/95).

Калцијумалкални хемизам тријаских вулканита аутори тумаче утицајем дубоког субдукционог система испод зоне разламања континенталне коре, који утиче на мењање карактеристика магме.

ГЕОЛОШКА ГРАЂА ТЕРЕНА

Најстарије стене на овом подручју припадају палеозојској јадарског типа развића (према ОГК лист "Љубовија", Kubat i dr., 1968). То су доњокарбонске, кластичне или метакластичне и средњокарбонске, карбонатне, творевине, преко којих дискордантно леже пешчари, глинци и кречњаци средњег, и црни битуминозни кречњаци горњег перма.

Доњотријаски седименти који, према ауторима тумача за лист "Љубовија" ОГК, леже конкордантно преко горњег перма, представљени су карбонатним и кластичним творевинама.

Средњи тријас је на овим теренима добро заступљен. Са изузетком ладинске вулканогено–седиментне серије, то су карбонатни, махом шлнтководни, седименти.

Јурске творевине су представљене вулканитима, кластитима и ројначима "дијабаз–ројначке формације".

Квартарне наслагае, махом падинске, слабо везане кречњачке брече, појављују се на југозападним обронцима планинских врхова, на потезу ка Грачаничкој реци.

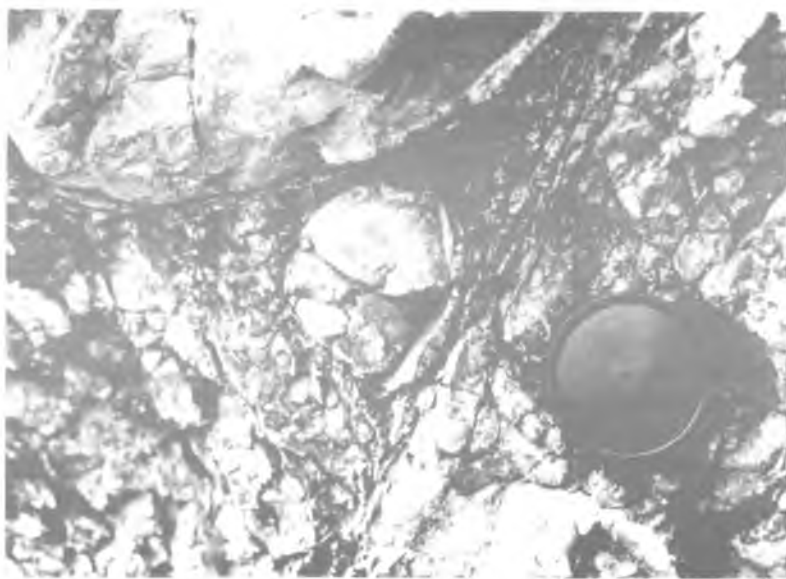
ДИСКУСИЈА

Појава вулканских стена тријаске старости на овом терену део је око 15 km дугачке и око 1–1,5 km широке зоне која се правцем северозапад–југоисток пружа

од врха Рујевац (542) до Горње Љубовиће. Према ауторима листа "Љубовија" ОГК, то су "лабрадорски андезити" праћени одговарајућим туфовима. Новијим истраживањима ове стене су дефинисане као иорфирити, ређе кератофири и кварцкератофири.

Код Соко-Града тријаски вулканити се јављају као изливи унутар серије средњо-тријаских карбонатних седимената. Подножје вулканита представљају сиви, ганкоплочасти кречњаци, док су у повлати кречњаци са прослојцима црвених рожнаца. И унутар изливног тела често се јављају црвени рожнаци у виду сочива или мањих прослојака.

Вулканске стене, према својим минералогско-петрографским и хемпјским карактеристикама, могу се одредити као порфирити. Зелене су, понекад и мркоцрвене боје, масивне до мандоласте текстуре. Често су испресецани калцитским или кварцним жилицама, а местимично су и испуцали. На неким изданцима могу се запазити и ретке појаве pillow-лава пречника око 20 cm. Разлика у боји се обично тумачи трансформацијама површинских делова стене под утицајем атмосферилција (лимонитизацијом топлских минерала) или различитим дубинама консолидације (где у плитководним условима долази до оксидације феро-у фери-гвожђе).



Сл. 1. Реликти pillow-лава.

Fig.1. Pillow lava remnants.

Изразито су порфирске структуре са присутним фенокристалима плагиокласа и реликата бојених минерала који су некад представљени потпуно измењеним зрнцима. Фенокристали леже у хипокристаластој основној маси стене.

Поред присутних зонарних плагиокласа и реликата бојених минерала, од којих су најчешћи клинопроксен и амфибол, у минералном саставу стене учествују и хлорит, епидот, калцит, кварц и металични минерали.

Плагиоклас је претежно представљен фенокристалима, али се јавља и у виду микролита у основној маси стене.

Фенокристали плагиокласа су представљени идиоморфним до хипидиоморфним зрнима табличастог и призматичног хабитуса, уочљиве зонарности, на основу чега се може извести закључак да се ради о интермедијарним плагиокласима. Ретки фенокристали су ламеларно ближињени. Оптичким мерењима утврђен је садржај анортита од 40–50 % што одговара андезину.



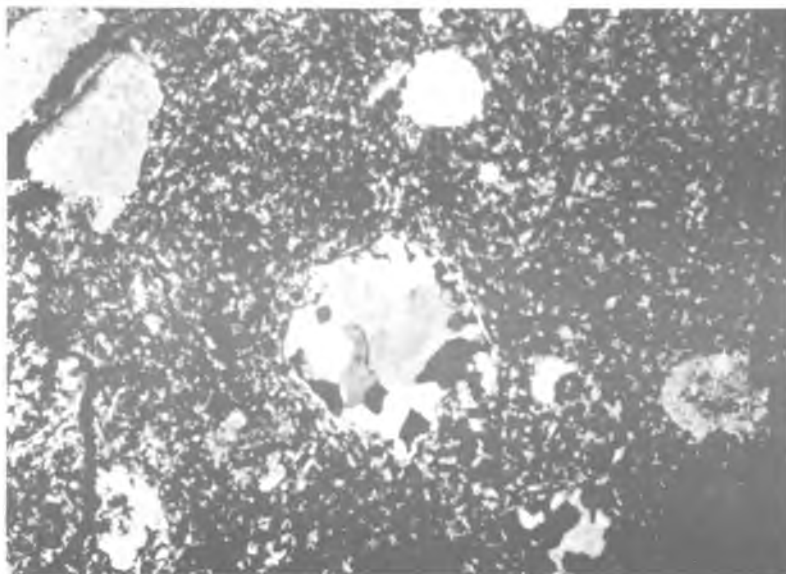
Сл. 2. Фенокристал зонарног плагиокласа, N +, 30X.

Fig. 2. The zoned plagioclase phenocryst, N +, 30X.

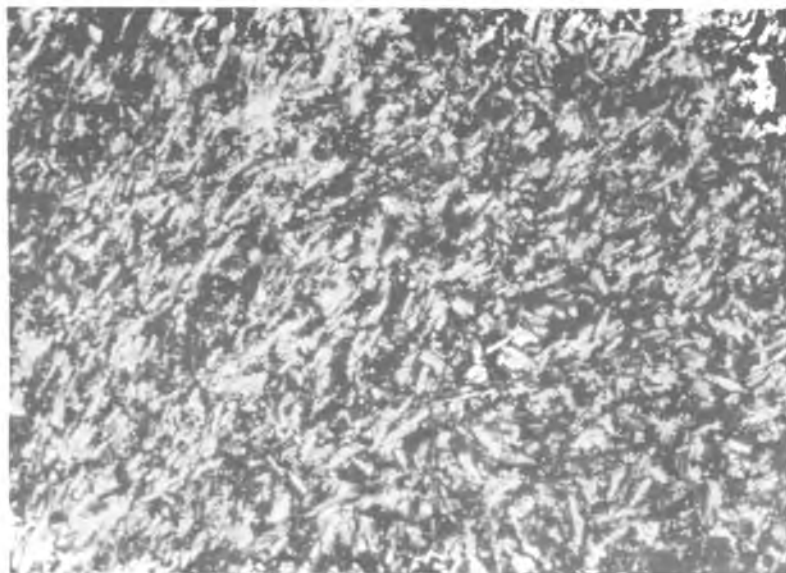
Плагиоклас је често интензивно алтерисан (серцитисан, аргилитисан, калцитисан). Млазеви ситнољусничастог серицита често су издвојени дуж близних равни између ламела. Понека зрна су испресецана неправилно изукрштаним жилицама или мањим нагомљањима изузетно ситнозрног калцита. Зонарна зрна су у својим централним деловима интензивније измењена (углавном у пренит), док трансформација идући ка периферији фенокристала слаби, а као продукти алтерације се срећу хлорит и епидот. Појкилитски захватају ситнија зрна металних минерала, често илменита који се, местимично уочљиво, трансформишу у леукоксен. Присутна су и неправилна нагомљања металних минерала у виду ситних зрна.

Између фенокристала плагиокласа срећу се круши реликти фенокристала бојених минерала. Најчешће су то клинопироксени представљени аугитом врло живих инферентних боја или амфиболи, често са опацистким рубовима. Бојени састојци су интензивно алтерисани, најчешће хлоритисани или претворени у агрегат калцита и епидота.

Присуство очуваних форми олакшава детерминацију примарних минерала, док се код интензивно хлоритисаних и потпуно трансформисаних зрна без очуване форме и претворених у агрегат хлорита и калцита, може само претпоставити да је примарни минерал амфибол. Присутна су и знатно ситнија зрна бојених састојака хипидиоморфних и местимично истрошених форми, интензивно хлоритисана.



Сл. 3. Мандоле испуњене кварцом и хлоритом, N +, 30X.
Fig. 3. Amigdaloes filled uo with quartz and chlorite, N +, 30X.



Сл. 4. Пилотакситна основа у порфиритима, N +, 90X.
Fig. 4. Pilotaxitic ground-mass within porphyrites, N +, 90X.

Хлорит је присутан двојако: као продукт преображаја примарних бојених састојака, која се јавља у виду светло зелених влакнастих агрегата заједно са калцитом и епидотом, и као састојак основне масе стене, у виду мањих нагомилана и млазева уочљивог полихроизма и обично интензивних интерферентних боја.

Калцит се јавља у виду жилица и, око њих, ситнијих нагомилана у виду оштраца. Као такав, доста је чест што доводи до закључка да је добар део калцита вероватно принешен у стену касномагматским растворима после извршене консолидације. Део калцита је, претпоставља се, настао и алтерацијом примарних минерала. Запажеи је на плагнокласима у виду изузетно ситнозрних нагомилана или када прожима зрна плагнокласа услед чега је њихова сива интерферентна боја тек приметна. Интензитет алтерације опада од периферије ка централним деловима зрна.

Кварц се среће у ретким и усамљеним зрнима, најчешће појкилитски захваћен од стране плагнокласа. Запуњава и ретке просторе између ситнијих зрна бојених састојака (интерстицијског је карактера). По заступљености је у већини примерака занемарљив као састојак. У случају повишеног садржаја (какав се јавља у стенама неких других локалитета у широј околини) могло би се говорити о прелазу ових стена у кварцпорфирите.

Металични минерали су представљени претежно ситним зрнима неправилно прожетим и ипрсканим у основну масу стене. Честа је појава илменита као и његова трансформација у леукоксер. Мања нагомилана и чешљасте форме, добрим делом већ трансформисане у леукоксеи, најчешће су присутне по фенокристалима бојених минерала.

Табела 1. Хемијски састав вулканита Соко-Града (у теж. %)

Table 1. Chemical composition of volcanic rocks of Soko Grad (in wt.%)

узорак sample	Ž-37	Ž-38	Ž-41	Ž-42	Ž-45
SiO ₂	59.02	58.33	64.18	61.61	58.65
TiO ₂	1.30	0.86	0.90	0.71	0.88
Al ₂ O ₃	14.51	16.39	15.35	14.95	15.07
Fe ₂ O ₃	6.01	8.23	3.12	5.25	4.73
FeO	0.98	0.68	1.03	0.77	0.98
MnO	0.09	0.09	tr	tr	0.09
MgO	4.08	3.32	2.03	3.33	3.40
CaO	2.99	0.20	3.43	4.95	5.76
Na ₂ O	5.50	5.50	4.50	2.80	2.90
K ₂ O	1.60	2.07	3.42	2.54	2.50
P ₂ O ₅	—	0.21	0.59	0.35	0.30
H ₂ O ⁺	3.27	2.73	1.93	2.83	3.87
H ₂ O ⁻	0.03	1.70	0.17	0.20	0.77
Σ	100.38	100.31	100.65	100.29	99.90

Ž-37, Ž-38, Ž-41, Ž-42, Ž-45 – порфирити околине Соко-Града

Ž-37, Ž-38, Ž-41, Ž-42, Ž-45 – porphyrites of Soko Grad

Основна маса стене је хипокристаласта и у њој су најзаступљенији микролити плагнокласа (ламеларно ближнији, што се може тумачити њиховим киселинјим карактером него што је то случај код зонарних фенокристала), затим хлорит, епидот и калцит. Понекад фенокристали леже у пилотакситној основној маси.

На основу поређења хемијских карактеристика порфирита са подацима из литературе, може се закључити да, уз мање осцилације појединих елемената (Si ва-

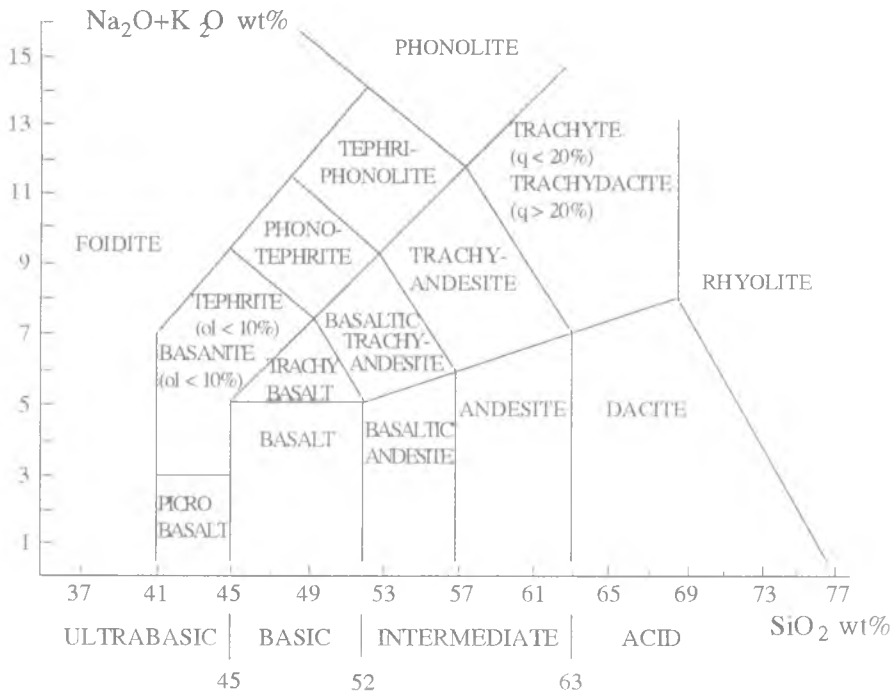
рира од 1 до 4 %, укупно Fe до 3 %), испитиване стене одговарају интермедијарним стенама (Виноградов, 1962).

Према свом хемизму, стене ове локалности одговарају осталим вулканитима Подриња и западне Србије (Јовановић и Мрђа, 1995; Кнежевић и др. 1978).

Слично је и са неким другим литературним подацима у односу на које не постоје већа одступања у погледу хемизма, као што су, на пример, тријаски андезити Динарида (Рамић, 1982).

Нешто виши садржај K_2O у неким анализираним узорцима (поготово у \check{Z} -42) могао би се тумачити, слично као у вулканитима Троноше (Јовановић и Мрђа, 1995), накнадним процесом калијске метасоматозе.

На основу односа $SiO_2-Na_2O+K_2O$ (дијаграм Le Maitre, 1989) стене одговарају углавном андезитима (сл. 5).



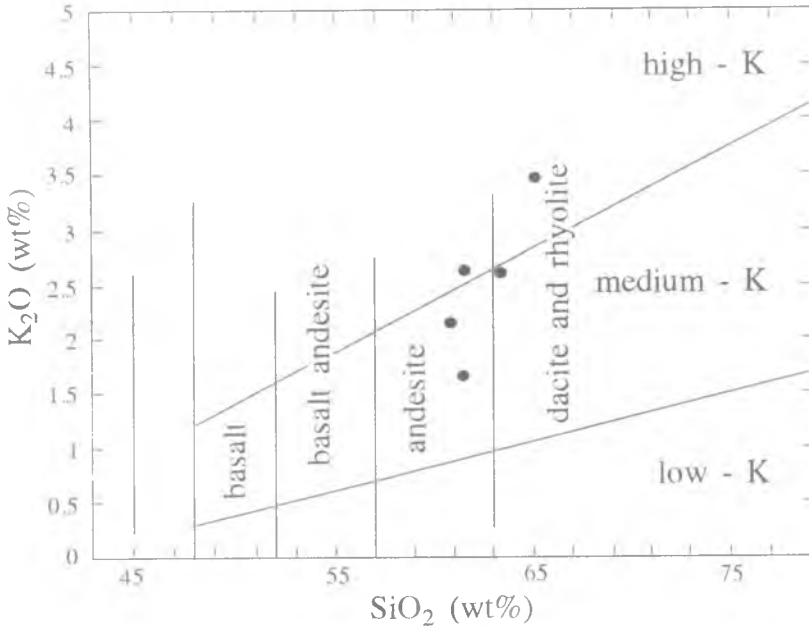
Сл. 5. Дијаграм $SiO_2 - Na_2O + K_2O$ (Le Maitre, 1989).

Fig. 5. The SiO_2 versus $Na_2O + K_2O$ diagram (Le Maitre, 1989).

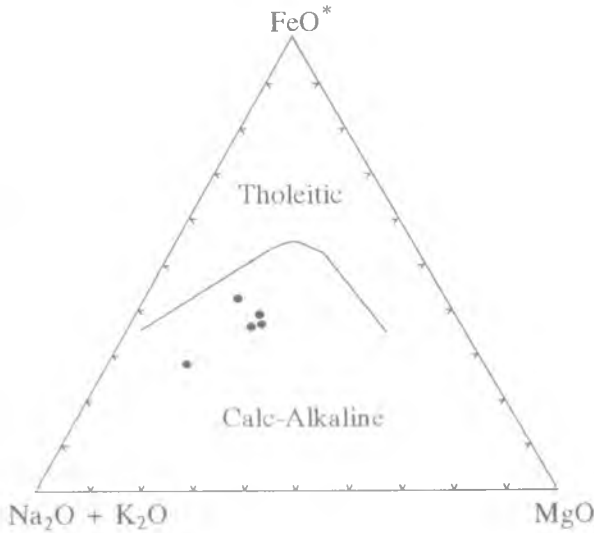
Према односу K_2O-SiO_2 (дијаграм по Le Maitre, 1989) (сл. 6) то су средње- до висококалијски андезити, са изузетком узорака \check{Z} -41 и \check{Z} -42, који, због нешто вишег садржаја SiO_2 , падају у поље високо и средњокалијских лацита и риолита.

На основу положаја тачака на дијаграму који третира однос $Na_2O+K_2O-MgO-FeO^*$ (Irvine & Baragar, 1971) вулканити припадају калкоалкалном низу (сл. 7).

Упоредивањем добијених резултата садржаја елемената у траговима у овим стенама са подацима из литературе (Виноградов, 1962), запажа се нешто нижи садржај Ва него што је то карактеристично за интермедијарне стене, што се може



Сл. 6. Дијаграм SiO₂ - K₂O (Le Maitre, 1989)
 Fig.6. The SiO₂ versus K₂O diagram (Le Maitre, 1989)



Сл. 7. Дијаграм Na₂O+K₂O-MgO-FeO* (Irvine & Baragar, 1971)
 Fig. 7. Diagram Na₂O+K₂O-MgO-FeO* (Irvine & Baragar, 1971)

тумачити његовом релативно великом мобилношћу и чињеницом да се овде не ради о свежним стенама.

Табела 2. Садржај елемената у траговима у вулканитима Соко-Града (у ppm).

Table 2. The trace elements content within volcanites of Soko Grad (in ppm).

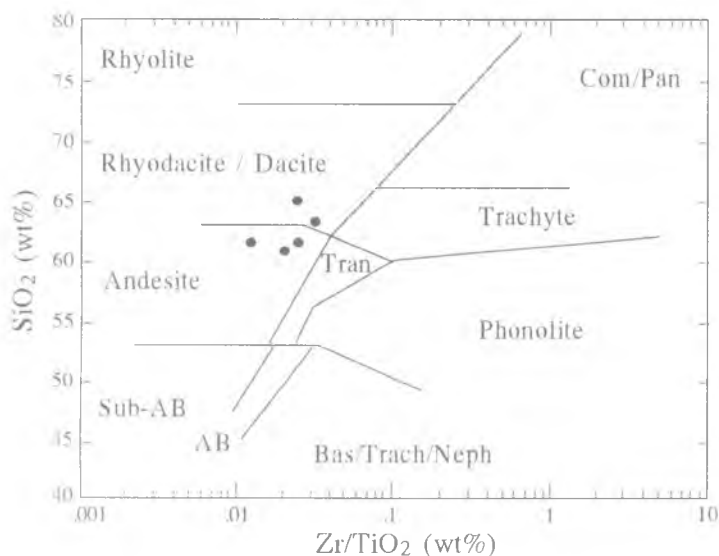
узорак sample	Ž-37	Ž-38	Ž-41	Ž-42	Ž-45
Ba	238	174	246	368	356
Zr	157	172	218	217	214
Nb	7	8	9	9	
Y	25	25	42	32	34
Sr	120	91	110	169	118
Rb	32	43	132	74	75

Ž-37, Ž-38, Ž-41, Ž-42, Ž-45 – порфирити Соко-града

Ž-37, Ž-38, Ž-41, Ž-42, Ž-45 – porphyrites of Soko Grad

Поређењем са тријаским вулканитима Динарида (Рапић, 1982), такође се види одступање у садржају Ва, док су садржаји Zr, Y и Sr врло блиски, скоро идентични са поређењем. Иначе, вулканити тријаске вулканогено-седиментне серије у западној Србији показују извесно обогаћење Ва, до те мере да су за њих везана и лежишта барита (Бобија; Кнежевић и др., 1987; Јовановић, 1994). Остали испитивани елементи су у границама датог опсега.

У односу на садржај елемената у траговима у вулканитима осталих локалности у Подрињу, нема готово никаквих одступања.



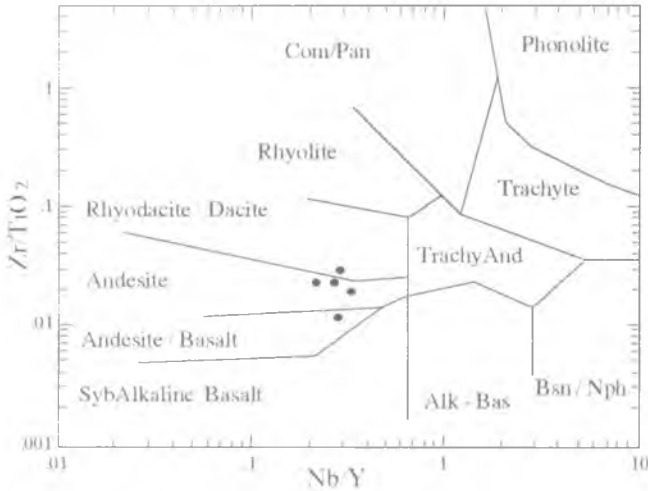
Сл. 8. Дијаграм $Zr/TiO_2 - SiO_2$ (Winchester and Floyd, 1977).

Fig. 8. The Zr/TiO_2 versus SiO_2 diagram (Winchester and Floyd, 1977).

Према положају тачака на неким класификационим дијаграмима ($SiO_2 - Zr/TiO_2$ на сл. 8. и $Zr/TiO_2 - Nb/Y$ на сл. 9.) стене падају у поља андезита.

Термин порфирит прихваћен је због специфичне субмаријске консолидације лава андезитског хемизма.

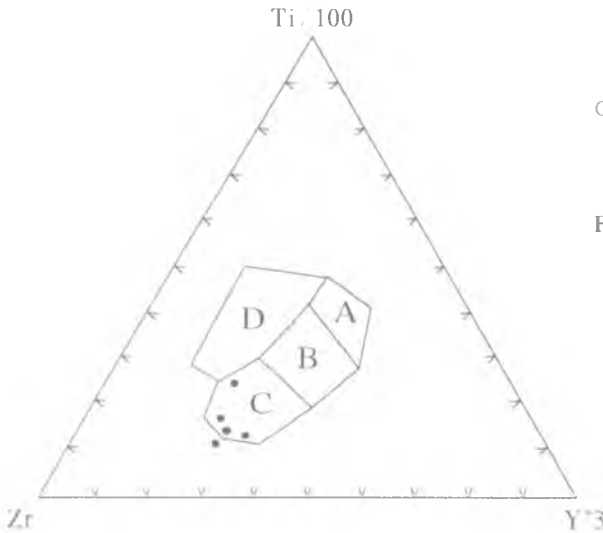
Као помоћ у дефинисању хемијског карактера и геотектонских услова стварања тријаских вулканских стена Соко-Града анализиран је однос неких карактеристичних елемената на, у литератури најчешће коришћеним, тектономагматским дискриминационим дијаграмима.



Сл. 9. Дијаграм $Zr/TiO_2 - Nb/Y$ (Winchster and Floyd, 1977).

Fig. 9. Diagram $Zr/TiO_2 - Nb/Y$ (Winchester and Floyd, 1977).

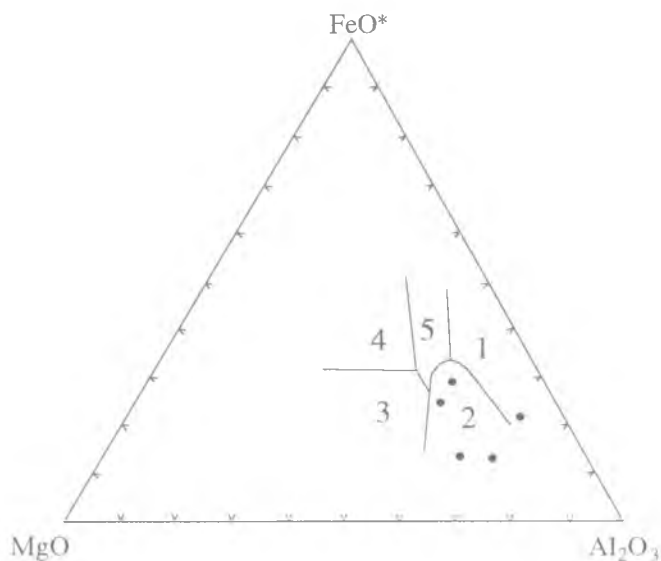
Тако на трокомпонентном дијаграму односа $Ti/100-Zr-Y^*3$ (Pearce & Cann, 1973,) тачке падају у поље Са-алкалних базалта, односно стена карактеристичних за вулканске лукове (сл. 10).



Сл. 10. Дијаграм $Zr-Y^*3-Ti/100$ (Pearce & Cann, 1973): А- нискокалијски толеити, В- базалти океанског дна, С- калкоалкални базалти, Д- базалти плоча.

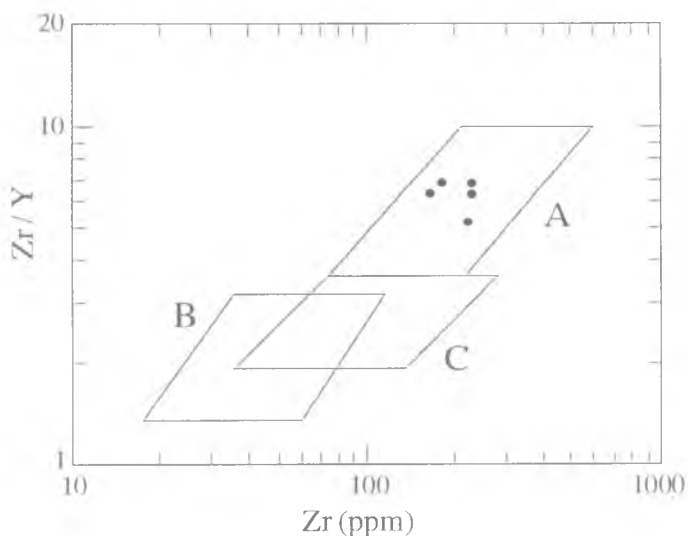
Fig. 10. Diagram $Zr-Y^*3-Ti/100$ (Pearce & Cann, 1973): А- lowpotassium tholeiites, В- ocean-floor basalts, С- calco-alkaline basalts, D- plate basalts.

Према дијаграму (сл. 11) односа главних елемената $MgO-Al_2O_3-FeO^*$ (Pearce et al, 1977), то су орогени вулканити, док се на дијаграму $Zr/Y-Zr$ (Pearce and Nory, 1979) тачке концентришу у пољу базалта плоча (WPT) (сл. 12).



Сл. 11. Дијаграм $\text{MgO-FeO}^*\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Pearce et al, 1977). 1. острва на спрединг-центру. 2. орогена подручја. 3. средњоокеански гребен. 4. океанска острва. 5. континенталне плоче

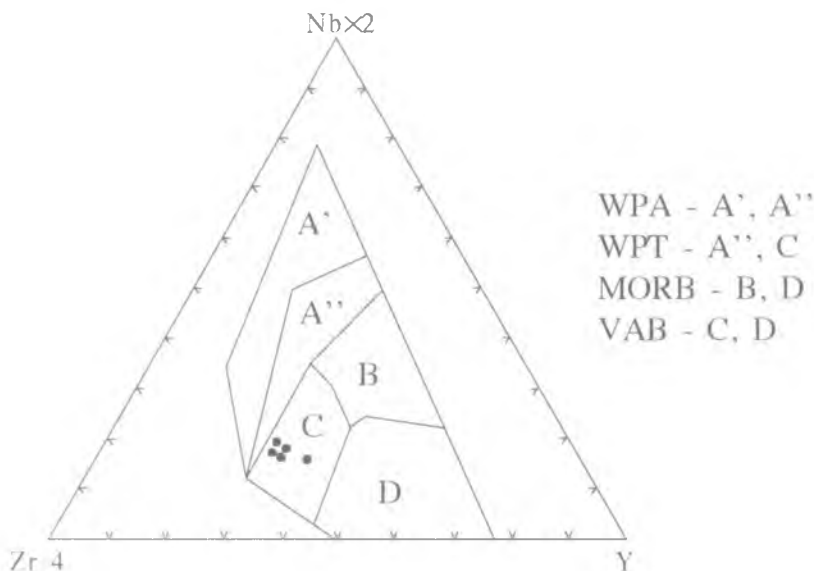
Fig. 11. Diagram $\text{MgO-FeO}^*\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Pearce et al., 1977). 1.spreading center islands, 2. orogeny areas, 3.mid-ocean ridge, 4. ocean islands, 5. continental plates



Сл. 12. Дијаграм Zr-Zr/Y (Pearce & Norry, 1979). А. Базалти плоча, Б. базалти океанских острва, Ц. Базалти средњоокеанског гребена.

Fig. 12. Diagram Zr-Zr/Y (Pearce & Norry, 1979). A. plate basalts, B. ocean islands basalts, C. mid-ocean-ridge basalts

На дијаграму $Nb \times 2 - Zr/4 - Y$ (Meschede, 1986) тачке падају у поље "Ц", што значи да стене имају карактеристике базалта вулканских лукова и базалта плоча (сл. 13).



Сл. 13. Дијаграм $Zr/4 - Y - Nb \times 2$ (Meschede, 1986). WPA- алкални базалти континенталних плоча, WPT- толеитски базалти плоча, MORB- базалти средњоокеанског гребена, VAB- базалти вулканских лукова.

Fig. 13. Diagram $Zr/4 - Y - Nb \times 2$ (Meschede, 1986). WPA- alkaline plate basalts, WPT- tholeiitic plate basalts, MORB - midocean ridge basalts, VAB- volcanic arc basalts.

С обзиром да се на основу дискриминационих тектономагматских дијаграма види мешање карактеристика вулканита вулканских лукова и вулканита плоча, а имајући у виду податке из литературе (Кнежевић и др., 1978) да су ове стене везане за почетак рифтовања, може се закључити да је на генерисање магми калкоалкалног карактера имала утицаја и нека субдукована кора.

Магне карактеристичне за рифтне зоне у оваквим условима се мешају са парцијално стопљеним материјалом субдуковане океанске коре и делова омотача. Овако генерисане магме могу имати калкоалкални карактер.

Услед проласка кроз дебелу континенталну кору јављају се најпре киселији типови јер тада постоји могућност интензивне контаминације. Висок садржај лако испарљивих састојака код ових магми условљава ерупције богате прирокластичним материјалом што објашњава појаве вулканокластичних стена у околиним геренима.

ЗАКЉУЧАК

У непосредној близини Соко-Града у западној Србији регистрована је појава вулканских стена тријаске старости. Јављају се у облику сливова унутар серије средњотријаских карбонатних и силицијско-карбонатних седимената.

Вулканити по својим минералшко-петрографским и хемијским карактеристикама одговарају порфиритима. Ради се о субмарински изливеним стенама, зелене

до мркоцрвене боје, масивне или мандоласте текстуре, местимично лученим у виду pillow лава.

Структура порфирита је углавном хипокристаласто-порфирска. Изграђени су од плагиокласа интермедијарног карактера, реликата бојених минерала (амфибола и клинопироксена), хлорита, епидота, калцита, уз нешто кварца и доста металичних минерала (најчешће илменита, делнимично или потпуно трансформисаног у леукоксен и магнетита).

Према хемијском саставу то су интермедијарне стене и, према класификационим дијаграмима, одговарају средње- до висококалијским андезитима калкоалкалног низа.

На основу положаја на дискриминационим тектономагматским дијаграмима, постоји извесно мешање карактеристика вулканита вулканских лукова и вулканита типичних за рифтне зоне на континенталним плочама.

Познавајући геотектонске одnose у време стварања ових стена, могуће објашњење њихове генезе је да су оне продукти вулканске активности везане за разламање континенталне коре које је условљено термалном домом чије је пак издизање последица парцијалног стапања изнад зоне субдукције.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Geol. Penins. Balk.	61	2	433–452	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	---------	---

UDC 552.08:551.761:553.53(497.11–15)

Original scientific paper

PETROLOGY OF TRIASSIC VOLCANIC ROCKS OF SOKO GRAD (WESTERN SERBIA)

by

Ana Žaknić*, Danica Srećković** and Velimir Jovanović

Mineralogical–petrographical and petrochemical features of Triassic volcanic rocks exposed near the Soko Grad (Western Serbia) are presented in this paper. The use of tectonomagmatic discrimination diagrams, and comparison of analyzed rocks with corresponded Triassic volcanites from the neighbouring localities enabled the possible explanation of their geotectonic emplacement and their origin.

Key words: porphyrites, calc–alkaline character, submarine origin, subduction related, Triassic.

INTRODUCTION

Volcanic rocks of Triassic age were noted in a few localities in Western Serbia. Even their exposures are not of great extent, their importance is evident.

Triassic volcanic rocks of Soko Grad (near Ljubovija), whose petrology is given in this paper, are part of the 15 km long, and nearly 1–1.5 km wide zone, that extends from Rujevac (542) on a NW, to Gornja Ljubovidja, on a SE.

Field researches, done in October 1994., were financially supported by Serbian Academy of Sciences and Arts (Fond for Scientific Researches). The major elements content were analyzed in Laboratory of Petrology, Faculty of Mining and Geology (Belgrade), while with trace elements data provided us dr Marchenko, from IGEM (Moscow).

LITERATURE DATA

The first data about volcanic rocks in this area were reported by Žujović (1893). Cvijić (1924) gave an insight in orography of the Podrinje region, and identified the dinaridic extension of folds.

Important work on complex geology of the Podrinje region, as well as of the further area in Western Serbia, was conducted by Simić (1933–1957). His studies included de-

* Faculty of Geography, Studentski trg 3/III, Belgrade.

** Faculty of Mining and Geology, Džušina 7, Belgrade.

termination of fauna associations in Paleozoic rocks from "Jadar" series, tectonic framework of Podrinje Mountains as well as stratigraphic position of "diabase-chert formation". In 1957, he elaborated metallogeny of this area.

During the elaboration of the Geologic Base Map, sheet "Ljubovija", Kubat et al., (1968) determined Triassic volcanic rocks as "labradorite andesites".

The data reported by Mojsilović and Avramović (1962/63) should be emphasized among the recent ones, when the presence of porphyrites and quartz-porphyrites, as well as the presence of their volcanoclastites-volcanic breccias and tuffs as the prevailing rocks in investigated localities, were identified.

Triassic volcanic rocks, northern of the Drina-Ivanjica crystalline were studied in detail by Knežević et al., (1978). They gave petrological and chemical features for all volcanic and volcanoclastic rocks exposed in this area, and incorporated them into a Triassic volcano-sedimentary formation ("porphyrite-chert formation"), attributed for the limestone-dolomitic belt of the Middle Triassic age. This formation is, concerning their opinion, genetically related for the breaking of Dinaridic plate, that started in the Middle Triassic. They also implied on the mainly intermediate character of volcanism, and noted porphyrites, quartz-keratophyres, as well as some more basic members, as less frequent.

Present studies, including detail petrochemical analyses by use the trace elements ratios, were done by Knežević et al., (1987/89), Jovanović (1994) and Jovanović and Mrdja (1994/95). These authors applied the calco-alkaline character of Triassic volcanic rocks for the influence of a deep-seated subductional system below the breaking zone in the continental crust, that caused changing of magma character.

OUTLINE OF THE GEOLOGY

The oldest rocks in this area, according to Kubat et al. (1968), are of Paleozoic age, and of "Jadar" type of development. They are represented with Lower Carboniferous clastic products, and with Middle Carboniferous, carbonate rocks, discordantly overlined with sandstones, shales and limestones (Middle Permian in age), and with black bituminous limestones, Upper Permian in age.

According to the authors, mentioned above, Lower Triassic sediments, carbonaceous and clastic products, lie concordantly on the Upper Permian.

Middle Triassic products are well exposed and widespread in this area. Excluding rocks of the Ladinian volcano-sedimentary formation, they are carbonaceous, mainly shallow water sediments.

Volcanic rocks, clastites and cherts of "diabase-chert formation" are products of Jurassic age. Quaternary products are just partly cemented calcareous breccias, and due to its origin connected for weathering or erosion, exposed on the south-western slopes of mountain ridges, toward the Gračanica river.

DISCUSSION

Triassic volcanic rocks of Soko Grad are part of the 15 km long, and 1-1.5 km wide zone, that extends from Rujevac (542) to the Gornja Ljubovidja in a NW-SE direction. According to the authors of the Geologic Base Map, these rocks of Triassic age are

accompanied with their tuffs and correspond to "labradorite andesites", while according to some newer opinions they correspond to porphyrites and to quartzkeratophyres and keratophyres, as less frequent.

Triassic volcanic rocks of Soko Grad occur within the Middle Triassic carbonaceous sediments in a form of flows. They are overlined by limestones interlayered with red cherts, while their underlying unit consists of thin-platy limestones.

Volcanic rocks, according to their mineralogical-petrographical and chemical properties correspond to porphyrites. They are of green, sometimes of dark red colour, massive to amygdaloidal texture, often penetrated by numerous calcite or quartz veins, locally crushed. Extremely rare pillow-lavas, up to 20 cm in diameter, could be noticed somewhere. Rock colour depends of the alteration grade, caused by the surface solutions (limonitisation of iron-bearing minerals), or could be applied to various levels of consolidation (in a shallow-water ferrous oxides converted into ferric-ones).

These rocks are of typical porphyritic texture, with obviously zoned plagioclase grains or relics of coloured minerals as phenocrysts, dispersed among hypocrystalline ground mass. Relics of coloured minerals (monoclinic pyroxenes and amphyboles) are sometimes almost completely replaced. Besides those main constituents, rock is composed of chlorite, epidote, quartz and metallic minerals also.

Plagioclase occur as phenocrysts, as well as microlites in a ground mass. It's phenocrysts appear as idiomorphic to hypidiomorphic grains, often of platy or of prismatic habitus, obviously zoned, thus of intermediate character. Optical measurements support this interpretation with up to 40-50 % of anorthite component, corresponding it to andesine. Polysynthetic twins among phenocrysts are rare. This mineral is often intensively transformed into sericite, clay minerals or calcite. Some grains are penetrated by irregularly crossed veins, or by smaller aggregates of very fine-grained calcite. Zoned plagioclase grains are altered to a greater extent in it's central part (mainly into prehnite), and intensity of transformation gradually decreases from core to rim. Chlorite and epidote could be present too, as the products of alteration. Smaller grains of metallic minerals, commonly ilmenite, obviously transformed to leukoxene are enclosed by plagioclase grains, or they occur as irregular aggregates.

Large relics of coloured minerals could be noticed between plagioclase phenocrysts. It is often monoclinic pyroxene-augite, of very high interference colours, or amphyboles often with opacite rim. Coloured minerals are intensively replaced by chlorite, or by calcite and epidote aggregates.

Presence of better preserved grains enable the determination of coloured minerals, while in the intensively altered grains only their morphology imply on the presence of amphyboles. Much smaller, frequently hypidiomorphic grains of coloured minerals, intensively replaced by chlorite, also were noted.

Chlorite occur as a result of alteration, when it's mainly fibrous aggregates, accompanied with calcite and epidote are of light-green colour, or as a constituent of a ground-mass, when it builds smaller aggregates or splits of visible pleochroism and usually with interference colours.

Calcite occurs as veins, or as smaller "island-shape" aggregates around veins. High presence of calcite imply that a part of it were probably brought by postmagmatic fluids,

after a consolidation, but undoubtedly part of it were developed through the alteration of primary minerals. The other genetic type were noted over a plagioclase grains, as a small aggregates, or penetrating plagioclase grains, when their grey interference colours could be difficult recognized. The intensity of alteration within the same mineral grain decreases continuously from core to rim.

Quartz is extremely rare, occurring as a dispersed grains, often poikilitic enclosed in plagioclase. It is also noted as fillings in a very rare empty spaces between the smaller grains of coloured minerals (as interstices). In a majority of samples its presence neglected. Due to increasing its content (as within rocks of some other localities in a neighbourhood areas), porphyrites progressively grade into quartzporphyrites.

Metallic minerals occur mainly as small grains irregularly penetrating ground mass, or disseminated among it. Common is ilmenite, and its transformation to leucoxene. Smaller aggregates and intensively sheared forms, mainly transformed to leucoxene, are occasionally noticed over the phenocrysts of coloured minerals.

Ground mass is hypocristalline, with plagioclase microlites as the most abundant. Lamellar twins are often, thus they are more acidic than its zoned phenocrysts. Less abundant are chlorite, epidote and calcite. Sometimes phenocrysts are suspended in a pilotaxitic ground mass.

Comparison of their chemical properties with a literature data, with the exception of some small variations (Si range between 1 and 4 %, while total Fe vary up to 3 %), investigated rocks are of intermediate affinity (Vinogradov, 1962). According to their chemism, porphyrites of Soko Grad are in a good agreement with the other volcanic rocks from the Podrinje area, and Western Serbia (Jovanović and Mrdja, 1995; Knežević et al., 1978).

Similar situation is with some other literature data, for example between investigated porphyrites and Triassic andesite of Dinarides (Pamić, 1982).

Higher content of K_2O , noted in some specimens (especially in that signed as Ž-42) could be explained, as it has been explained within volcanic rocks of Tronoša (Jovanović and Mrdja, 1995) by later K–metasomatic processes.

According to the diagram given by Le Maitre (1989), presented on a fig. 5, these rocks correspond mostly to andesites.

Diagram K_2O versus SiO_2 (Le Maitre, 1989), presented on a fig. 6, applied investigated rocks as middle to high potassium andesites (excluding samples Ž-41 and Ž-42, that are in field of high to middle potassium dacites and rhyolites, due to high SiO_2 content).

On a diagram given by Irvine and Baragar (1971), presented on a fig. 7, analyzed volcanic rocks are of calcoalkaline series.

Incorporation the literature data (Vinogradov, 1962) with the data obtained from porphyrites, lower Ba content (than it used to be in rocks of intermediate character) is evident. This could be explained by high mobility of Ba, or by weakly preservation (freshness) of investigated rocks.

Comparison of investigated porphyrites with Triassic volcanic rocks of Dinarides (Pamić, 1982), also pointed on a large-scale of Ba content, while contents of the other trace elements, for example Zr, V and Sr, are very close, almost equal.

It must be emphasized that the enrichment of Ba is already noted within the rocks of volcano-sedimentary formation in Western Serbia, and could reach sometimes commercially important concentration, as in a known barite deposits (Bobija, Knežević et al., 1987, Jovanović, 1994).

The other analyzed trace elements are in a good agreement with the already known data.

The chemical composition of volcanic rocks of Soko Grad and of some other localities in the Podrinje region, appears to be frequently similar.

According to data presented on the following diagrams ($\text{SiO}_2\text{-Zr/Ti}$, on a fig. 8, and $\text{Zr/TiO}_2\text{-Nb/Y}$, on a fig. 9, given by Winchester and Floyd, 1977), investigated rocks correspond to andesites. Name "porphyrite" we use due to its submarine origin.

Studies carried out with the ratio of some characteristic elements, presented on a tectonomagmatic discrimination diagrams, provided informations for better determination chemical affinity and geotectonic conditions during generation of Triassic volcanic rocks of Soko Grad. Following it, diagrams given by Pearce and Cann (1973), presented on a fig. 10, define these rocks as a calcoalkaline basalts, i.e. rocks of volcanic arcs.

According to diagram based on the main elements ratio (Pearce et al., 1977, fig. 11), these rocks could be defined as the orogeny volcanic rocks, while on the diagram Zr/Y versus Zr (Pearce and Cann, 1979; fig. 12), most of the data are in a WPT field (within plate basalts).

The diagram $\text{Nb}_2\text{-Zr/4-Y}$ (Meshede, 1986; fig. 13), with the all data in a field "C", correspond these rocks as volcanic arc basalts and within plate basalts.

Their position on tectonomagmatic discrimination diagrams reflect on their transitional characteristics between volcanic arc volcanites and plate volcanites. Concerning the already known literature data (Knežević et al., 1978), about the possible relation between these rocks and rift zone, it could be accepted the influence of a subducted crust in their generation, as well as for their calcoalkaline character.

Uplifting trough the thick continental crust produces firstly acidic products, due to significant contamination. High content of gases and overheated water vapour within magma, caused the explosive eruptions, with a lot of pyroclastic materials, what is in a good agreement with the great distribution of volcanoclastic rocks in this area.

CONCLUSION

Triassic volcanic rocks of Soko Grad (Western Serbia) occur as sills within the Middle Triassic carbonaceous and siliceous-carbonaceous seria.

According to their mineralogical-petrographical and chemical properties, they correspond to porphyrites. They are of green, or of dark-red colour, with massive or amygdaloidal structure, and mainly of hypocristalline porphyritic texture. Their origin is submarine, thus they appear sometimes as pillow-lavas

They are composed of intermediate plagioclase and relics of coloured minerals (amphiboles and monoclinic pyroxene), and of chlorite, epidote, calcite, metallic minerals and quartz, as less abundant. Metallic minerals (commonly ilmenite, partly or completely transformed to leucoxene, and less frequently magnetite), could be present in a higher concentration.

According to their chemism, these rocks correspond to those of intermediate affinity, while the used diagrams confined them as middle to high-potassium andesites of calcoalkaline type.

Their position on tectonomagmatic discrimination diagrams produces direct evidence on their transitional characteristics between volcanic arc volcanites and plate volcanites, connected to the rift zones.

It is therefore possible to deduce (taking in consideration geotectonic situation during their development) that they are products of volcanic activity related with the breaking of continental crust, caused by a thermal dome, whose rising were the consequence of the partial melting within a subduction zone.

Translated by D. Srećković

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Цвијих Ј. (=Cvijić), 1924: Геоофрологија I.– Државна штампарија Краљевине СХС., стр. 588. Београд.
- Јовановић В., Кнежевић В. и Милојковић П. (=Jovanović et al.), 1990: Тријаска вулканогено–седиментна серија Бобије (Западна Србија).– XII конгрес на геолозите на Југославија. I. 257–266. Охрид.
- Jovanović V., 1994: Petrologija mezozojskih vulkanita planine Bobije kod Ljubovije.– Doktorska disertacija, RGF, str. 134, Beograd.
- Јовановић В. и Мрђа В. (=Jovanović and Mrdja), 1995: Прилог познавању тријаских вулканита Тронеше.– Записници Српског геолошког друштва, Београд (у штампи).
- Jovanović V. i Mrdja V., 1995: Petrologija trijaskih vulkanita Podrinja (zapadna Srbija).– Zbornik radova Rudarsko–geološkog fakulteta, 34, 29–36, Beograd.
- Jovanović V., Knežević V., Karamata S. and Cvetković V., 1996: Triassic rifting phase of the Dinarides: it genesis and the character.– 30th international geological congress, Beijing, China. Abstract.
- Кнежевић В. (=Knežević), 1972: Номенклатура стена спилит–кератофирске асоцијације.– Записници Српског геолошког друштва, 51–56, Београд.
- Knežević V., Obradović J. i Djordjević P., 1978: Trijaski vulkaniti i vulkanogeno–sedimentna formacija u zapadnosrpskoj zoni severno od Drinsko–Ivanjičkog kristalina.– Radovi Geoinstituta, sv. 12, 219–228, Beograd.
- Knežević–Djordjević V. i saradnici, 1987: Geološki radovi na području Bobije i Djelika u 1987. godini.– Fond stručne dokumentacije “Bobija–Tisovik”, Ljubovija.
- Kubat I. i saradnici, 1968: Tumač za list “Ljubovija” ОГК.– Savezni geološki zavod, Beograd.
- Meshede, 1986: A method of discriminating between different types of Mid–Ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagrams.– Chem. Geol., 56, 207–218.
- Мојсиловић С. и Аврамовић В. (=Mojsilović and Avramović), 1962/63: Магматизам у западној Србији.– Записници СГД, 69 и 136, Београд.
- Pamić J., 1982: Trijaski magmatizam Dinarida.– Nafta. posebna izdanja, p. 236, Zagreb.
- Pearce J. A. and Cann J. R., 1973: Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace elements analyses.– Earth Planet. Sci. Lett., 19, 290–300.
- Pearce J. A., 1983: A “users guide” to basalts discrimination diagrams – Report of the Open University, Milton Keyens. Unpublished.
- Виноградов А. П. (=Vinogradov), 1962: Средние содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной кори.– “Геохимия”, № 7, 555–571. Москва.
- Winchester J. A. and Floyd P. A., 1977: Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements.– Chem. Geol. 20, 325–343.
- Жујовић Ј. (=Žujović), 1900: Геологија Србије. Део други, Еруптивне стене.– стр. 239, Београд.