

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	60	1	391-414	Београд, децембар 1996 Belgrade, Decembre 1996
--	----	---	---------	---

УДК 552.323:551.78(497.11)

Оригинални научни рад

ТЕРЦИЈАРНЕ ВУЛКАНСКЕ СТЕНЕ АВАЛЕ

од

Наде Васковић* и Весие Матовић*

Терцијарне вулканске стене Авале јављају се као дајкови интродовани у јурске серпентините, седименте дијабаз–рожначке формације и неокомског флиша и седименте турон–сеноиског флиша. Дебљина дајкова варира од 1 до 20 m, ретко до 100 m.

На основу минералног састава и хемизма, вулканске стене Авале подељене су у две групе. Првој групи припадају стене сиромашне кварцом, базично-интермедијарног карактера, представљене трахибазалтима, базалтним трахиандезитима, латитима и трахиандезитима, андезитима и лампрофиром–керсантитом. Другу групу чине стене богате кварцом интермедијарно–киселог карактера: кварцлатити, дацити–андезити и дацити.

Најстарије стене су керсантити (54.58 мил. год), а најмлађе кварцлатити (25–23 мил. год.).

Кључне речи: вулканске стене, старост, Авала, петрографија, хемизам, класификација

УВОД

Терцијарне вулканске стене Авале због свог релативно широког распрострањења, специфичног начина појављивања и разноврсности као и минерализација које их прате биле су предмет проучавања многих геолога.

Прву детаљну минералолошко петрографску студију вулканских стена Авале дао је Димитријевић (1931) делећи их на основу минералног састава на безкварцне (лампрофири, микрокерсантити, андезити) и кварцне стене (кварци и микродиорити, граити, риолити). Ivković (1966) и Pavlović i dr. (1968) издвајају на Авали андезите, даците, кварцлатите и микродиорите. Илић & Крпежић (1969) проучавају детаљно кварцлатите Тешића Мајдана (Рипањ). Тек Vasković (1990) детаљно петролошки обрађује ове стене, а потом Васковић & Јовић (1993) проучавају њихове геохемијске карактеристике. Исти аутори (1994) дају основне геохемијске карактеристике главних и акцесорних минерала.

Предмет овог рада су основне петролошке карактеристике жичних стена Авале, њихова старост и класификација.

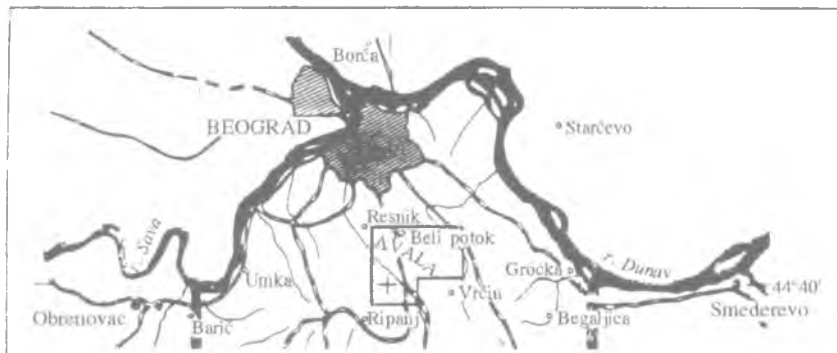
Рад је базиран на литературним подацима и новим испитивањима и представља данашњи степен познавања (до 1995) врста и варијетета и старости терцијарних вулканских стена на Авали.

* Рударско–геолошки факултет, Универзитета у Београду. Буџина 7, 11000 Београд.

ГЕОЛОГИЈА

Терцијарни магматски комплекс Авале обухвата крајње северне делове Шумадије, тј. налази се око 20–так km јужно од Београда (сл. 1).

Геотектонски, припада Вардарској зони тј. налази се на југоисточном ободу панонске депресије. Простор у коме се јављају терцијарне стене Авале обухвата површину од око 32 km², а изграђен је од јурских, кредних и терцијарних творевина (сл. 2).



Сл. 1. Географски положај Авале
Fig. 1. Location of Avala Mt.

Мезозојске творевине су убране у ларамидској орогеној фази. Млађи тектонски иокрети проузроковали су интензивна раседања пре почетка терцијарног магматизма (еоцен–олигоцен, табела 1). Овај магматизам условио је контактну метаморфне промене у седиментима турон–сенонског флиша (Васковић, 1993).

Табела 1. K/Ar старост терцијарних магматских стена Авале.
Table 1. K/Ar age of Tertiary volcanic rocks of Avala Mt.

Врста стена Type of rocks	⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	⁴⁰ K/ ³⁶ Ar	%K	Старост (мил год.) K/Ar age (Ma)
Кварцлатит – п. Глеђевац Quartz latite, Gledjevac creek	4.39642×10 ³	2.37736×10 ⁶	8.78	24.44
Кварцлатит – Крстати поток Quartz latite, Krstati creek	4.21271×10 ²	9.67154×10 ⁴	3.79	23.00
Кварцлатит – Црвени брег Quartz latite, Crveni breg	5.45530×10 ³	3.56100×10 ⁶	3.93	23.57
Кварцлатит – Рипањ Quartz latite, Ripanj	1.74161×10 ³	9.83767×10 ⁵	6.74	25.12
Лампрофир – Пречица поток Lamprophire, Prečica creek	6.51769×10 ²	5.29963×10 ⁴	7.15	54.58

НАЧИИ ПОЈАВЉИВАЊА

Терцијарне вулканске стене Авале јављају се као дајкови интродуровани у јурске серпентините, седименте дијабаз–ројначке формације и неоконског флиша и седименте турон – сенонског флиша (сл. 2).

Табела 2. Група стена базично интермедијарног састава (стене сиромашне кварцом).
Table 2. The group of rocks of the basic- intermediate character (quartz – poor rocks).

Врста стене (Type of rocks)	Структура (Texture)	Минерални састав (Mineral composition)
Трахибазалти и базалтни трахиандезит (Trachybasalts and basaltic trachyandesite)	Порфирска (porphyritic) Основна маса (groundmass): холокрсталаста (holocrystalline), субо- фитска (subophitic), микрогрануларна (microgranular). Величина фенокристала (phenocrysts size): до (to) 5×3 mm. Величина микролита (microlites size): 0.2×0.07–0.5×0.3 mm.	Плагиоклас (plagioclase) –An _{38–34} to An _{17–22} , К–фелдспат (K–feldspar), аугит (augite), хорнбленда (hornblende), био- тит (biotite), ретко кварц (rarely quartz). Акцесорни (accessory): апатит (apatite), сфен (sphene), магнетит (magnetite).
Керсантит (Kersantite)	Хипидиоморфна и порфиرويدна (subidiomorphic and porphyritic) Величина зрна (grain size): 0.4×0.2 mm до (to) 2.5×0.4 ретко (rarely to) 1.5×5 mm.	Плагиоклас (plagioclase) –An _{30–25} , орто- клас (orthoclase), аугит (augite), биотит (biotite). Акцесорни (accessory): апатит (apatite), магнетит (magnetite), пирит (pyrite)
Биотитски андезит (Biotite andesite)	Порфирска (porphyritic): холокрсталаста (holocrystalline), хипо- крсталаста (hypocrystalline), гранофир- ска (granophytic), микрокрсталаста (mic- rocystalline); Величина фенокристала (phenocrysts size): 0.3×0.1 – 3.2×5.6 mm.	Плагиоклас (plagioclase) –An _{34–22} , био- тит (biotite) ± хорнбленда (hornblende), кварц (quartz) – <2% vol. стене (vol. rock). Акцесорни (accessory): апатит (apatite), магнетит (magnetite)
Хорнбленда–биотитски андезит (Hornblende–biotite andesite)	Порфирска (porphyritic): хипокрсталаста (hypocrystalline). Величина фенокристала (phenocrysts size): 4×2 – 1.2×0.5 mm.	Плагиоклас (plagioclase) –An _{38–36} , хорн- бленда (hornblende), биотит (biotite). Акцесорни (accessory): апатит (apatite), магнетит (magnetite)
Хорнбленда–биотит– аугитски андезит (Hornblende–biotite– augite andesite)	Полифирска (polyphytic), порфирска (porphyitic). Основна маса (ground mass): микрогра- нуларна (microgranular), субофитска (subophytic), гранофирска (granophytic). Величина фенокристала (phenocrysts size): 0.15×0.35 – 10×8 mm	Плагиоклас (plagioclase) –An _{38–36} , хорн- бленда (hornblende), биотит (biotite), ауг- ит (augite) ± К–фелдспат (K–feldspar), кварц (quartz) –<1% vol. стене (vol. rock) Акцесорни (accessory): апатит (apatite), сфен (sphene), циркон (zircon), илменит (ilmenite), леукоксен (leucosxene), магне- тит (magnetite)
Латити и трахиандезити (Latite and trachyandesites)	Порфирска (porphyritic) Основна маса (ground mass): холо- крсталаста (holocrystalline), микро- грануларна (microgranular). Величина фенокристала (phenocrysts graina size): 0.35×0.5 – 7×4 mm, рет- ко (rarely to) 10×8 mm Величина микролита (microlite size): 0.2×0.0075 – 0.0076×0.032 mm	Плагиоклас (plagioclase) –An _{37–32} , плагиоклас–микролити (plagioclase microlites) –An _{25–20} , санидин (sani- dine), хорнбленда (hornblende), био- тит (biotite), аугит (augite), кварц (quartz) –<1% vol. стене (vol. rock) Акцесорни (accessory): апатит (apatite), ортит (orthite), сфен (sphene), магнетит (magnetite), циркон (zircon)

Правац пружања жица је СЗ–ЈИ и СИ–ЈЗ (ретко И–З) и поклапа се са генералним правцем пружања главних раседних структура. Дебљина жица креће се у интервалу од 1 до 20 m, ретко до 100 m.

ПЕТРОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Генерално, терцијарни вулканити Авале су стене изразите порфирске структуре са феоокристалима плагиокласа, К–фелдспата, клинопироксена, хорнбленде, биотита, ± кварц (табела 2 и 3). С обзиром на овако хетерогени минерални састав, а посебно учешће кварца, разликују се две групе стена. Првој групи припадају стене сиромашне кварцом (табела 2), а другој стене са кварцом (табела 3).

Табела 3. Група стена интермедијарно киселог карактера (стена са кварцом).

Table 3. The group of rocks of the intermediate–acidic character (quartz rocks).

Врста стена (Rock type)	Структура (Texture)	Минерални састав (Mineral composition)
Кварцлатит (Quartzlatite)	Порфирска (porphyritic): холокристаласта (hollo-crystalline), хипокристаласта (hypocrystalline) Основна маса (ground mass): микрогрануларна (microgranular), гранофирска (granophyric), хијалинска (vitrophyric) Величина фенокристала (phenocrysts size): 0.3–20 mm Величина микролита (microlite size): 0.009–0.2 mm	Плагиоклас (plagioclase) –An _{35–28} до (to) An _{28–23} , санидин (sanidine), биотит (biotite), хорнбленда (hornblende), кварц (quartz), аугит (augite). Акцесорни (accessory): апатит (apatite), циркон (zircon), магнетит (magnetite), пирит (pyrite), марказит (marcasite)
Дацит (Dacite)	Порфирска (porphyritic): холокристаласта (hollo-crystalline) Величина фенокристала (phenocrysts size): 0.5–10×7 mm	Плагиоклас (plagioclase) –An ₃₃ –An _{28–23} , кварц (quartz), биотит (biotite) ± хорнбленда (hornblende) Акцесорни (accessory): апатит (apatite), циркон (zircon), магнетит (magnetite)

Стене прве групе граде углавном централне делове авалског масива (поток Врановац, врх плаине, сл. 2) и његове јужне падине (поток Пречица). Међу њима смо разликовали лампрофире – керсантите, трахибазалте, базалтне трахиандезите, латите и трахиандезите и андезите. Основне петролошке карактеристике ових стена су следеће:

Сл. 2. Геолошка карта подручја Авале (према ОГК 1:100.000; допуњено Васковић, 1990).

Легенда: 1. Алувијум; 2. Делувијум; 3. Понтијски пескови, песковите глине, глине и пљункови; 4. Меотски глиновити лапорци, глинци, песковн и глине; 5. Сармат–меотске песковите глине, глине и пескови; 6. Контактни метаморфисани седименти Турон–сенонског флиша: калксилкатни хорнфелси, метапеччари; 7. Андезити, дацити; 8. Кварцлатити; 9. Латити; 10. Трахибазалти и базалтни трахиандезити; 11. Лампрофири (керсантити); 12. Турон–сенонски флиш; 13. Неокомски флиш; 14. Дијабаз–рожничка формација; 15. Серпентинити.

Fig. 2. Geological map of Avala Mt. Legend (after Geological map 1:100000; modified Vasković, 1990).

Legend: 1. Aluvium; 2. Deluvium; 3. Pontian sands, pebbles, clay sands and clays; 4. Meotian clay marls, shales, sandy clays; 5. Sarmatian–Meotian sandy clays, clay sands; 6. Contact metamorphosed sediments of Turonian–Senonian flysch – calcisilicate hornfelses and metapsammites; 7. Andesites, dacites; 8. Quartz latites; 9. Latites and trachyandesites; 10. Trachybasalts, basaltic trachyandesites; 11. Lamprophyres (kersantite); 12. Turonian–Senonian flysch; 13. Neocomian flysch; 14. Diabase–chert formation; 15. Serpentinites.

Лампрофири – керсантити су најстарије стене (табела 1). Јављају се са десне стране потока Пречице у виду жице дебљине око 20 m која пробија седименте турон–сеноноског флиша. Ободни делови жица су интензивно површински алтерисани.

Минерални састав и структура приказани су у табели 2, а модални састав у табели 4.

Плагиокласи су хипидиоморфни, приткасти, ламеларни и врло ретко зонарни. Свежи су, некад замућени, незнатно серицитисани и калцитисани у површинским деловима жице. **Ортоклас** је хипидиоморфан, редовно замућен и каолинисан. **Биотит** се јавља у крупним зрнима црвеносмеђе боје и даје стени порфирондан изглед. Често је удружен са аугитом. Лиске су исавијане и искидане. Садржи инклузије апатита, а налази се и уклопљен у плагиокласима и ортокласу. Свеж је, а у површинским деловима жице поједина зрна су потпуно или делимично хлоритисана и избељена. **Аугит** гради нагомилања димензија од 2 до 5 mm у асоцијацији са биотитом. Безбојан је, ближњег по 100, често испуцао и дуж прелина хлоритисан. **Кварц** је веома редак, обично изостаје, ситан, алотриоморфан, интерстицијског карактера.

Табела 4. Модални састав трахибазалта и керсантита.

Table 4. Modal composition of trachybasalts and kersantites.

Бр. узорка (No. sample)	83	13	143	144
К–фелдспат (K–feldspar)	15.95	10.32	20.32	18.92
Плагиоклас (Plagioclase)	39.62	32.00	30.69	25.26
Кварц (Quartz)	1.05	3.11	1.01	1.13
Аугит (Augite)	6.79	21.58	18.15	15.38
Биотит (Biotite)	3.08	21.23	27.13	30.62
Хорнбленда (Hornblende)	32.30	9.56	1.52	3.80
Акцесорни мин. (Accessory min.)	1.21	2.20	1.18	1.59
Колор индекс (Color index)	42.17	52.37	47.81	48.80

Трахибазалти су констатовани у источним деловима авалског масива (поток Врановац, сл. 2). Јављају се у виду жице дебљине око 5 m правца пружања СИ–ЈЗ која пробија интензивно контактено метаморфисале седименте турон–сеноноског флиша. У ободним деловима жице (узорак 143, сл. 3) запажају се продукти пнеуматолитске акције који се огледају у појави гнезда и млазева израђених од минерала епидотске групе или/и аксинита.

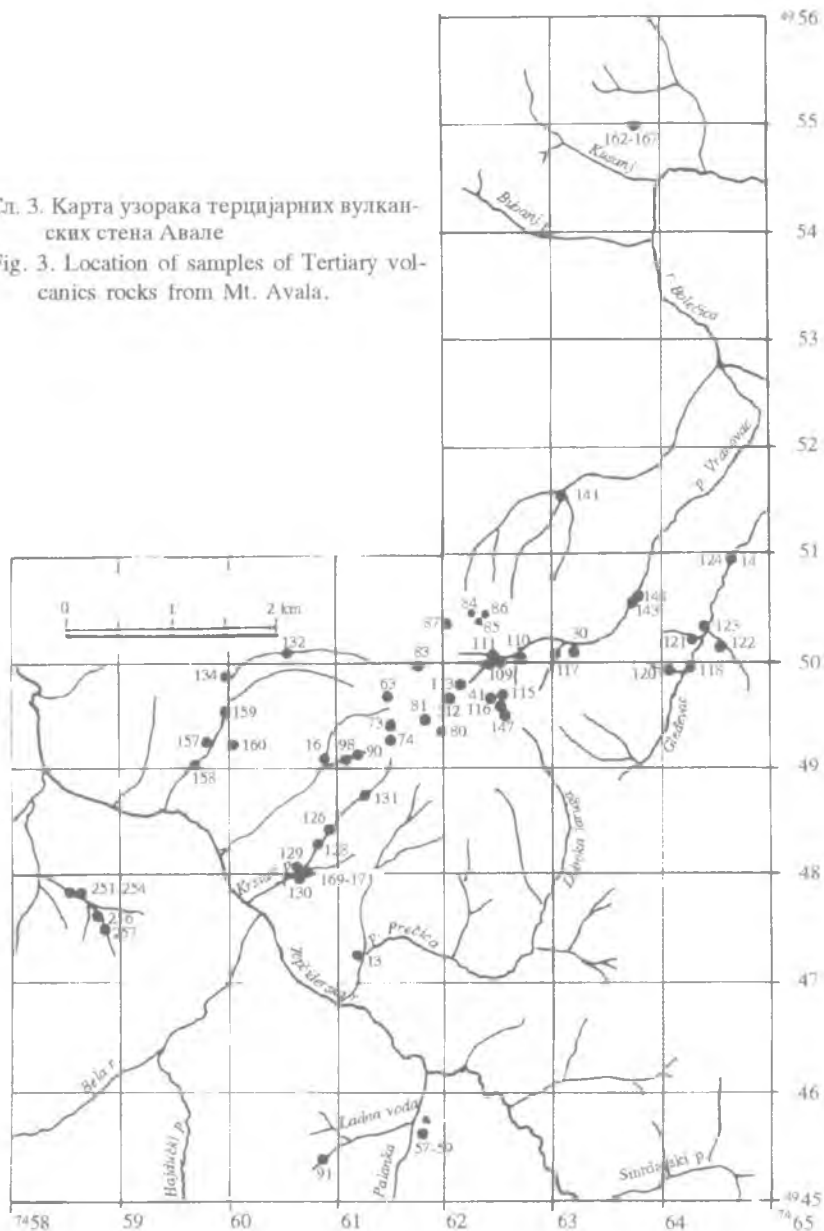
Минерални састав и структура приказани су у табели 2, а модални састав у табели 4.

К–фелдспат је присутан у основи стене као микролит. Крупнији хипидиоморфни фенокрстали су веома ретки. **Плагиоклас** је идиоморфан до хипидиоморфан, ламеларан или зонаран, свеж је или делом измењен при чему су базичнији делови зонарних индивидуа у језгру или концентричним љускама трансформисани у доцит. **Аугит** је идиоморфно развијен са понекад заобљеним рубовима, боје је светлозелене, свеж је, а само у периферним деловима жице трансформисан у агрегат епидота или актинолита и хлорита. Доминира међу бојеним састојцима. **Хорнбленда** је подређена у односу на аугит, хипидиоморфно је развијена, зелене боје. Централни делови крупнијих фенокрстала трансформисани су у биотит. У маргиналним деловима појединих фенокрстала јасно се запажа чешљаста руб на који се непосредно наставља биотит што би се могло посматрати као процес претварања хорнбленде у биотит при крају магматског стадијума кристализације услед обо-

гађења остатка растопа водом. *Биоџић* је првенкасто смеђ, садржи инклузије апатита, свеж је, некад незнатно хлоритисан. *Кварц* је веома редак, јавља се углавном као микролит или потпуно изостаје. Основна маса састоји се од истих минерала и има субофитски карактер.

Сл. 3. Карта узорка терцијарних вулканских стена Авале

Fig. 3. Location of samples of Tertiary volcanics rocks from Mt. Avala.



Базалтни трахиандезити констатовани су на врху Авале (узорак 83, сл. 3). Јављају се у виду жице дебљине око 5 m која пробија контактено метаморфисане седimente турон-сенонског флиша. Осим тога, крупни комади и блокови ових стена су нађени на падинама Дугог брда северно од Авале (узорак 165, сл. 3). Од

претходних стена разликују се по вишим садржајима К–фелдспата, амфибола и пироксена, док биотит изостаје.

Андезити се јављају као жичи пробоји у седиментима дијабаз рожиачке формације, неокомског флиша и контактнo метаморфисаним седиментима турон–се-нонског флиша дебљине од 5 до 15 m. Минерални састав и структура дати су у табели 2. На основу садржаја бојених састојака издвојени су као варијетети биотитски, хорнбленда–биотитски и хорнбленда–аугит–биотитски андезити.

Биотитски варијетети констатовани су у Крстатом потоку, селу Бели Поток и Дубоком потоку (сл. 2), хорнбленда–биотитски у потоку Ладна вода, а хорнбленда–аугит–биотитски на Дугом брду. Стене из Крстатог и Дубоког потока су интензивно хидротермално и површински алтерисане. Фенокристали *плагиокласа* су идиоморфних до хипидиоморфних форми, ламеларни или зонарни, наступају као самостални или се групишу у зрнасте агрегате димензија до 4 mm. Појкилитски уклапају биотит или/и хорнбленду, а садрже и инклузије апатита и магнетита. Свежи су једино у стенама из Белог потока и са Дугог брда, док су у осталим интензивно или делом серицитисани или/и калцитисани. У маргиналним деловима жице са Дугог брда плагиокласи су жиличасто прорасли К–фелдспатом. Код већине фенокристала из стена Белог потока запажа се неправилно ундулаторно потамњење и испуцалост, која се каткад манифестује и појавом размакнутости зрна, што је вероватно последица протокластичних феномена насталих у току кретања еруптивне масе пре њеног потпуног очвршћавања. *Биотити* је црвеномрк, свеж или интензивно до делом хлоритисан, лимонитисан и избелен у стенама Дубоког и Крстатог потока, а незнатно хлоритисан, епидотисан или/и калцитисан у стенама Дугог брда. Лиске су некад исавијане. Садржи инклузије апатита и магнетита. *Хорнбленда* је идиоморфна до хипидиоморфна, каткад ближњена по (100), зелене боје. Поједина зрна су слабо заобљена услед магматске ресорпције. Садржи инклузије апатита и магнетита. Код појединих кристала запажа се делимична трансформација у биотит. У ободним деловима жица са Дугог брда потпуно је трансформисана у агрегат епидота или/и хлорита и калцита са издвојеним секундарним магнетитом или сфеном. У осталим појавама је хлоритисана или/и калцитисана. *Аугити* је идиоморфан до хипидиоморфан бледо зелене боје или безбојан, свеж или трансформисан делом у актинолит. Каткад са хорнблендом и биотитом гради неправилна или овална до амебопална нагомилања димензија од 3 до 5 mm. У њиховим интерстицијима налазе се ситна зрна плагиокласа. Ове пакуине по миинералној асоцијацији и структурн имају диоритски карактер. Могуће је да су настале као последица комплексних магматских диференцијационих процеса или пак представљају потпуно сварене стране уклопке. *К–фелдспати* је спорадичан састојак андезита Дугог брда. Његово присуство констатовано је у североисточним деловима изданка. Јавља се заједно са плагиокласом градећи гранофирску основу стене. *Кварц* је редак. Констатован је као фенокристал само у периферним деловима жице са Дугог брда, овалан је до амебопалан. Његове повншене количине показују да ове стене граде постепене прелазе ка дацитима.

Латити и трахиандезити се јављају у виду жица дебљине од 1 до 10 m на североисточним (поток Глеђевац), југоисточним (поток Врановац, десни изворишни крак), југозападним (Крстати и Дубуки поток) падинама и врху Авале (сл. 2) правца пружања СЗ–ЈИ. Ретко су потпуно свежи, углавном интензивно хидротермално и површински алтерисани. Процеси алтерације нису у свим дајковима исти и првенствено зависе од њиховог положаја у масиву. Тако су латити из југозападног дела (Крстати поток) серицитисани и хлоритисани, из југоисточног дела (поток

Глеђевац) и са врха планине интензивно К–метасоматски измењени са појавом млазева ситно до крунзнозног адулара, силификовани, хлоритисани и пиритисани, а са североисточних падина (поток Врановац) епидотисани, силификовани и хлоритисани. Садрже обиље крупних фенокристала фелдспата и идиоморфне хорнбленде величине до 1 cm.

Минерални састав и структура приказани су у табели 2, а модални састав у табели 5.

Табела 5. Модални састав латита.

Table 5. Modal composition of latite.

Бр. узорака (No. sample)	84	123
Фенокристали (Phenocrysts):		
Санидин (Sanidine)	3.19	6.18
Плагиоклас (Plagioclase)	33.02	10.35
Кварц (Quartz)	.19	–
Биотит (Biotite)	8.40	9.75
Хорнбленда (Hornblende)	7.83	5.49
Аугит (Augite)	1.42	–
Акцесорни мин. (Accesory min.)	.90	.50
Основна маса (Groundmass)	45.05	68.23

Плагиокласи су идиоморфни до хишидоморфни, ламеларни или зонарни. Појклитски уклапају биотит и хорнбленду и садрже никлузије апатита и магнетита. Граде некад и нагомилања димензија до 5×7 mm мономинерална или у асоцијацији са хорнблендом, која је редовно делом биотитисана и уралитисаним аугитом. У хидротермално измењеним стенама из Крстатог потока и са врха планине (Споменик Русима) плагиокласи су скоро потпуно серицитисани. Санидин је редак као фенокристал (до 7×5 mm), али зато гради већи део основне масе. Појклитски уклапа хорнбленду и биотит. Хорнбленда је најобилнији састојак латита са врха планине (сл. 2., узорак 84 – сл. 3), док се у осталим јавља у подређеним количинама. Идиоморфни фенокристали су величине до 5×2 mm, некад и до 10×6 mm, мркозелене до зелене боје, често ближњени. Појклитски уклапа плагиоклас. У алтерисаним стенама је делом или чак потпуно трансформисана у агрегат актинолита и/или епидота и албита. Аугит је констатован у трахипадезитима јужно од врха Авале и изворишног дела потока Врановца. Фенокристали су идиоморфних форми, каткад ближњени, димензија до 0.8×0.45 mm. Биотит је мркоцрвен, ретко свеж, обично хлоритисан или/и деколорисан. Садржи инклузије циркона. У стенама са врха планине (узорак 74, сл. 3) констатовано је присуство ситних ретких фенокристала кварца. Акцесорни састојци приказани су у табели 2.

Стене друге групе представљене су кварцлатитима и дацитима (табела 3).

Кварцлатити се јављају у виду жица правца пружања СЗ–ЈИ и СИ–ЈЗ интродуованих у серпентините, седименте неокомског и турон–сенонског флиша (сл. 2). Дебљина жица варира од 5 до 20 m, а изузетак представља жица из Крстатог потока дебљине око 100 m. Са становишта њихове генетске везе са Pb–Zn минерализацијама посебно су значајни кварцлатити из рудне зоне Црвеног брега (сл. 2).

Минерални састав и структура датни су у табели 3, а модални састав у табели 6.

Петролошким испитивањима констатовано је да се кварцлатити међусобно разликују како по минералном саставу тако и по структури (табела 3) и врстама хидротермалих алтерација. Осим тога, уочено је да поједини дајкови показују хетероген минерални састав који се огледа у појави зона богатијих или сироманнијих кварцом или чак његовим потпуним одсуством и тада показују прелазе ка кварцлатитским андезитима, латитским андезитима трахиандезитима (поток Врановац).

Табела 6. Модални састав кварцлатита.

Table 6. Modal composition of quartz latite.

Бр. узорка (No. sample)	25	30	45	111	86	124
Фенокристали (Phenocrysts)						
Санидин (Sanidine)	1.65	17.60	6.70	17.56	5.14	4.27
Плагиоклас (Plagioclase)	17.82	21.96	20.10	13.68	19.18	29.41
Кварц (Quartz)	.35	4.22	7.01	8.23	5.32	10.08
Хорнбленда (Hornblende)	4.25	2.68	–	1.71	7.71	2.60
Аугит (Augite)	6.52	1.35	–	.34	1.95	–
Биотит (Biotite)	9.60	9.34	3.23	13.18	4.82	4.87
Акцесорни мин. (Accessory min.)	1.86	1.35	1.09	1.60	2.33	.32
Основна маса (groundmass)	57.16	41.40	67.99	43.50	52.69	48.45

Најинтересантије појаве кварцлатита се налазе у потоку Врановцу, подручју Црвеног брега и потоку Глеђевицу (сл. 2).

Кварцлатити потока Врановца су изразите порфирске структуре са крупним фенокрсталима фелдспата. Основна маса је микрокрсталаста (садржи обиље микролита фелдспата и кварца) и гранофирска. Однос фенокрстала је основе 1.5:1.

Плагиокласи су доминантни (табела 6), идиоморфни су до хипидиоморфни, зонарни или ламеларни, ретко су свежи, обично по ободу замењени секундарним адуларом који се концентрисао и дуж микропрелина у зрну или серицитом, ређе цоиситом. *Санидин* је као фенокрстали релативно редак, али ипак у довољној количини присутан да би се стене окарактерисале као кварцлатити. Идиоморфан је, карлсбатски ближињен, некал зонаран. *Биотит* је ретко свеж, углавном хлоритисан и деколорисан. *Хорнбленда* показује висок идиоморфизам, зелене је боје и обично хлоритисана или трансформисана у агрегат епидота, хлорита и магнетита. *Аугит* је редак, величине до 1 mm, идиоморфан, већином хлоритисан. *Кварц* је веома варијабилан као фенокрстали (табела 6). Често у оквиру исте жице његова заступљеност варира од 3.2% до 15% заступљености свих фенокрстала. Овалан је до амебоидалан димензија од 0.1 до 4 mm. У кварцлатитском дајку потока Врановца (тачка 30, сл. 3) бојени минерали и фелдспати граде нагомилања величине до 1 cm диоритског састава. Кварцлатити потока Врановца су интензивно хидротермално измењени тј. силификовани, серицитисани и хлоритисани. Изузетак чине кварцлатити из изворишног дела потока (узорак 117, сл. 3) који су К–метасоматски измењени и одликују се појавом крупно до ситнозрног адулара који гради од 15 до 25% волумена ових стена.

Кварцлатитске жице које се налазе са југозападне стране планине, око 500 m од врха планине, показују исти састав као и претходни. Прва жица је свежа (узорак 86, сл. 3), а друга интензивно К–метасоматски измењена.

Кварцлатити потока Глеђевца се разликују од претходних по томе што не садрже аугит и што су сви интензивно К–метасоматски измењени. Садржај адулара у њима варира од 25.89 до 41.53% (узорак 118 и 120, сл. 3).

У подручју Црвеног брега дајкови кварцлатита су интродовани у контактно метаморфисане седименте турон–сенонског флша. Најмаркантнија је жица на ушћу Крстатог потока у Топчидерску реку дебљине око 100 m (узорак 169–171, сл. 3). Ободни део жице карактерише се замрзнутим рубом ширине 35 cm хијалинске структуре. Њени централни делови су холокрсталасти микрогрануларном и граофирском основном масом. Показују исти састав као и кварцлатити потока Врановца. Свежи су. Стене из Црвенобрешког потока и изворишног дела Крстатог потока су интензивно К–метасоматски измењене и садрже до 30% адулара (узорак 131, сл. 3).

Кварцлатите Тешића мајдана детаљно су петролошки обрадили Пић & Кнежевић (1969).

Дацити се јављају као жични пробоји на западним падинама Авале у Дубоком потоку и у подручју Курјаковца (сл. 2). Правац пружања жица је СИ–ЈЗ и СЗ–ЈИ, а дебљина им варира од 1 до 15 m. Ретко су потпуно свежи, углавном хидротермално измењени (силификовани, серицитисани и хлоритисани) и површински распаднути (табела 3).

ХЕМИЈСКИ САСТАВ И КЛАСИФИКАЦИЈА

На основу минералног састава и структурних карактеристика изабрано је тринаест узорака за хемијска испитивања (табела 7). Поред ових у табели су приказани и подаци претходних истраживача (Димитрјевић, 1931, Пић & Кнежевић, 1969, Pavlović i dr., 1968).

У целини посматрано терцијарне вулканске стене Авале показују широке варијације у саставу. Садржај силиције се креће у интервалу од 49.95 до 65.19%, дакле варира од базичних (SiO_2 51±2%) до киселих ($\text{SiO}_2 > 63\%$), иако у највећем броју одговара интермедијарним стенама.

Интервали варијација већине оксида су високи што је последица хетерогеног састава саме серије.

Са петрогенетског аспекта најспецифичнији су релативно ниски садржаји силиције у комбинацији са високим садржајима калије и калције и релативно висок однос $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ у стенама базичног карактера.

Према садржајима силиције испитиване стене су подељене у две групе. Првој групи припале би стене базично – интермедијарног састава са садржајем SiO_2 од 49.95 до 56.34% (табела 2, стене сиромашне кварцом), а другој степе интермедијарно–киселог карактера садржајем SiO_2 од 59.25 до 65.19% (табела 3, стене са кварцом).

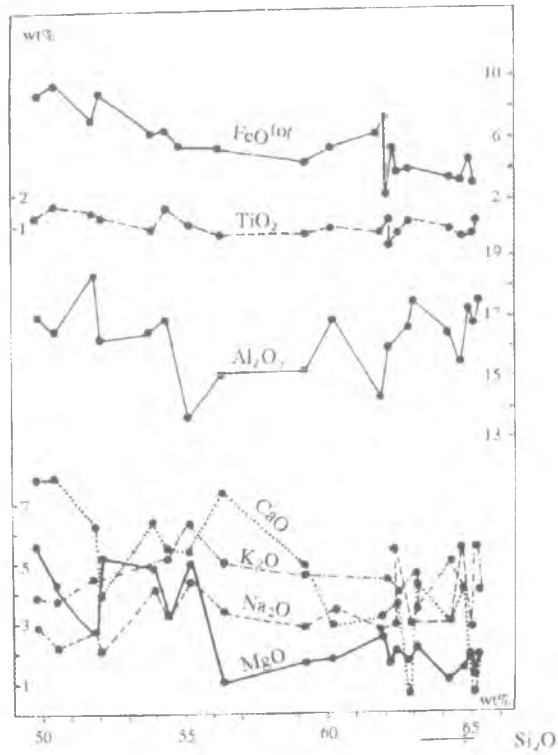
Зависност појединих оксида у односу на главни и најваријабилнији SiO_2 је на сл. 4 и указује да код стена прве групе са порастом садржаја силиције расте садржај калије, а опада калције, алуминије и укупног гвожђа. Остали оксиди показују широке и оштре варијације. Код стена друге групе, међутим, са повећањем садржаја силиције у интермедијарном делу опада садржај алкалија, а расте магнезија, док калција и укупно гвожђе јако варирају.

У $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ дијаграму (сл. 5) стене прве групе показују карактеристике базалтних трахиандезита и трахиандезита, а друге дацита и трахидацита.

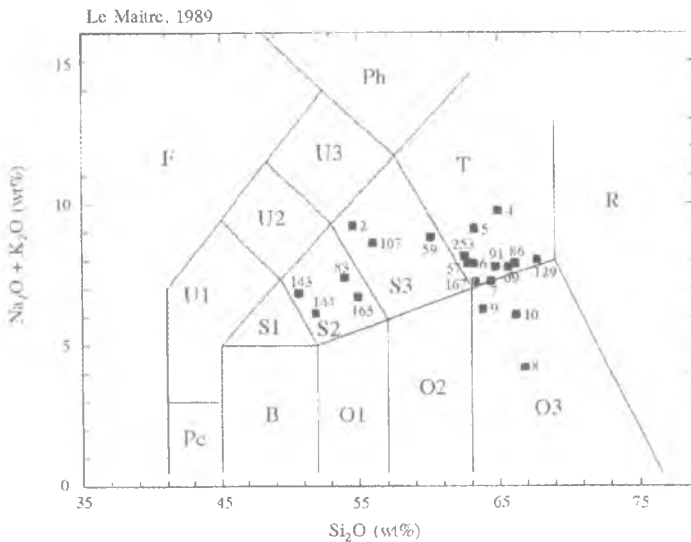
Табела 7. Хемијски састав терцијарних вулканских стена Авале*
Table 7. Whole rock chemistry of the Tertiary volcanics from Avala Mt.

Бр. узорка (No. sample)	129	86	83	69	59	57	129	91	107	143	144	165	167	253	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	65.08	59.26	56.34	62.22	51.91	64.83	62.90	54.43	49.45	50.50	52.09	61.95	60.25	53.90	55.21	64.65	62.40	62.25	62.15	64.97	63.03	65.19	
TiO ₂	56	61	60	1.18	1.45	80	77	1.52	1.25	1.59	1.25	58	83	88	105	46	65	34	70	41	1.00	1.01	
Al ₂ O ₃	16.82	15.27	15.12	15.90	18.47	16.55	16.72	17.11	17.23	16.80	16.50	14.39	17.04	16.70	13.88	15.54	16.35	16.26	15.79	17.29	17.57	17.64	
Fe ₂ O ₃	2.26	4.61	32	1.18	4.90	2.29	4.04	1.87	2.91	3.84	4.52	2.87	4.06	1.81	31	31	1.13	3.15	1.81	2.42	2.14	1.95	
FeO	1.64	43	4.58	1.60	3.23	1.42	2.70	4.90	6.20	6.06	4.99	4.85	1.60	4.93	5.29	2.80	3.06	2.54	3.15	2.44	2.15	2.23	
MnO	05	12	12	10	13	07	12	10	05	19	06	16	10	—	—	—	—	—	—	16	09	05	05
MgO	1.17	1.62	1.04	1.60	2.46	1.07	1.55	3.13	5.52	4.12	5.11	2.53	1.57	4.86	5.30	1.32	1.90	1.97	1.93	2.00	2.11	1.78	
CaO	62	494	7.24	3.30	6.16	2.98	58	5.47	7.75	7.85	3.85	3.22	2.88	6.21	5.35	4.20	3.70	3.66	3.72	3.10	4.22	2.30	
Na ₂ O	2.36	2.86	3.35	2.64	2.68	2.82	3.06	3.20	2.87	2.25	1.95	2.69	3.37	4.09	4.40	5.46	5.31	3.50	2.80	1.28	2.94	2.20	
K ₂ O	5.34	4.60	4.93	4.72	4.42	4.90	4.48	5.18	3.82	3.72	4.40	4.40	4.50	5.00	6.12	4.25	3.69	4.27	4.20	2.83	3.27	3.78	
P ₂ O ₅	15	21	17	27	34	20	23	32	55	45	11	25	22	32	43	56	56	62	05	37	35	30	
H ₂ O*	3.20	3.40	3.20	2.50	2.60	1.70	1.80	2.38	1.69	2.47	3.40	1.77	1.58	1.40	93	34	1.44	1.18	1.42	41	53	77	
H ₂ O	21	20	20	12	95	91	89	36	32	30	42	32	98	20	2.58	27	31	36	19	1.97	1.01	1.33	
CO ₂	—	1.74	2.47	1.88	—	—	—	—	—	1.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.52	—	—	
Σ	99.86	99.90	99.68	99.83	99.88	100.02	99.84	99.97	100.11	100.14	99.84	99.98	99.90	100.30	100.85	100.16	100.53	100.10	100.59	99.78	100.37	100.51	

* Места узимана узорак а дата су на сл. 3 (No. samples location at fig. 3). 2—трахиандезит (trachyandesite);
3—лампрофир (lamprofire); 4, 5, 6—кварцлатит (quartz latite after Dimitrijević, 1931); 7, 8—кварцлатит
(quartz latite, after Плић & Кнежевић, 1969), 9, 10—(Pavlović, 1968).

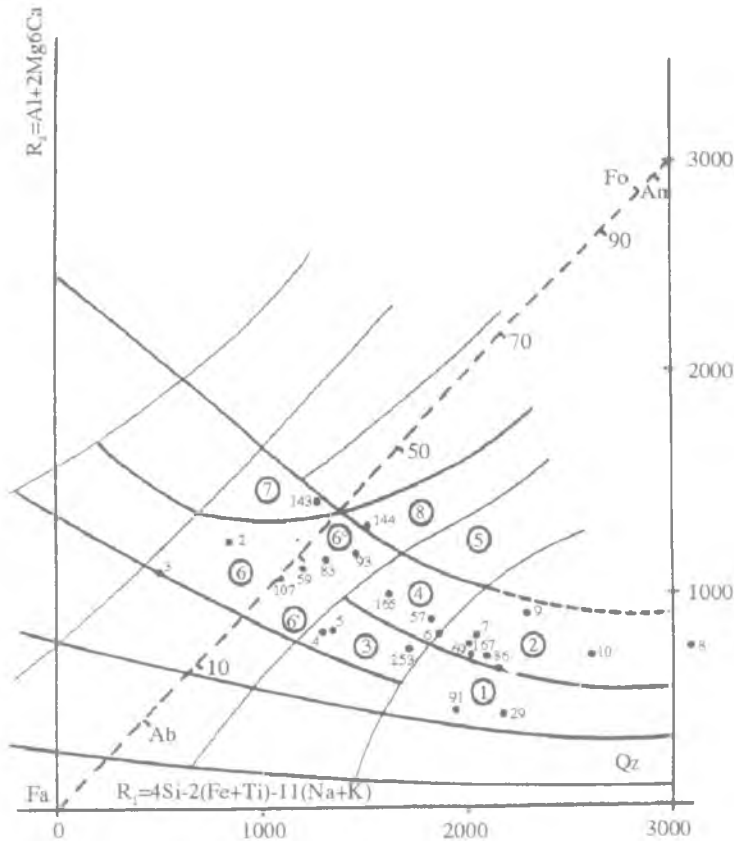


Сл. 4. Варијациони дијаграм главних оксида.
Fig. 4. The major element variation.



Сл. 5. Дијаграм класификације SiO₂-(Na₂O+K₂O) терцијарних вулканита Авале према La Maitre et al. (1989).
Легенда: S2- базалтни трахиандезити, S3- трахиандезити, T- трахит (Q<20%), трахидацит (Q>20%), O3- дацит.
Fig. 5. SiO₂-(Na₂O+K₂O) classification diagram of Tertiary volcanics of Avala Mt. (after la Maitre et al., 1989).
S2- basaltic trachyandesite, S3- trachyandesite, T- trachyte (Q<20%), trachydacite (Q>20%), O3- dacite.

Према R_1 - R_2 параметрима (сл. 6) стене прве групе показују хемизам трахибазалта, трахиандезита латитских андезита и латита, а друге дацита, риолита, кварцлатита и кварцлатитских андезита.



Сл. 6. R_1 - R_2 класификациони дијаграм вулканита Авале (према De la Roshe, 1980; модификован по Streckeisen, 1983). 1. риолит; 2. дацит; 3. кварцлатит; 4. кварцлатитски андезит; 5. андезит; 6. латитски андезит; 7. трахибазалт; 8. базалтни трахиандезит.

Fig. 6. R_1 - R_2 classification diagram of Mt. Avala volcanics (after De la Roshe et al., 1980; modified by Streckeisen, 1983). 1. Rhyolite; 2. Dacite; 3. Quartz latite; 4. Quartz latitic andesite; 5. Andesite; 6. Latitic andesite; 7. Trachybasalt; 8. Basaltic trachyandesite.

ЗАКЉУЧАК

Терцијарне вулканске стене Авале јављају се у виду дајкова интродованих у јурске серпантините, седименте дијабаз рожначке формације и неокомског флиша и седименте турон – сенонског флиша. Правца пружања дајкова је СЗ-ЈИ и СИ-ЈЗ, ређе И-З, и поклапа се са правцем пружања главних раседних структура. Њихова дебљина варира од 1 до 20 m, ретко до 100 m.

Изграђене су, генералио, од феоокристална К-фелдспата, плагнокласа кварца, аугита, хорнбленде и биотита. Спородни састојци су ортит, циркон, апатит, сфен, магнетит и сулфидни рудни минерали, а секундарни адулар, серицит, хлорит, епидот, кварц, хидроксиди гвожђа, глиновити минерали и калцит.

Структуре су холокристаласто до хипокристаласто порфирске, ретко хијалинске. Основна маса је микрокристаласта до микрогрануларна и субофитска, ретко витрофирска.

На основу минералног састава и хемизма подељене су у две групе. Прва група се карактерише стенама базично–интермедијарног карактера (стене сиромашне кварцом) представљеним трахибазалтима, базалтним трахиандезитима, латитима и трахандезитима, андезитима и лампрофиром–керсантитом. Другој групи припадају стене интермедијарно–киселог карактера (стене са кварцом): кварцлатити, дацито–андезити и дацити.

Најстарији су керсантити (54.58 мил. год.), а најмлађи кварцлатити (25–23 мил. год.).

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	60	1	391-414	Београд, децембар 1996 Belgrade, Decembre 1996
--	----	---	---------	---

UDC 552.323:551.78(497.11)

Original scientific paper

THE TERTIARY VOLCANIC ROCKS FROM MT. AVALA

by

Nada Vasković* and Vesna Matović

The Tertiary volcanic rocks in Mt. Avala occur as dykes intruded Jurassic serpentinite and sediments of diabase–chert formation and Neocomian flysch and sediments of the Turonian–Senonian flysch. Their thickness is range from 1 to 20 m, rarely to 100 m.

According mineral composition and whole rock chemistry volcanic rocks of Mt. Avala subdivided into two groups. The first group is characterize by the quartz – poor rocks of the basic – intermediate character (basaltic trachyandesite, trachyandesite, latitic andesite, latite, andesite and kersantite). The second group composed of quartz–rich rocks of the intermediate – acidic character (quartz latite, dacitic andesite and dacite).

The oldest are kersantite (54.58 Ma) and the jungest are quartz latite (25 to 23 Ma).

Key words: volcanic rocks, age, Avala Mt, petrography, whole rock chemistry, classification.

INTRODUCTION

The Tertiary magmatism of Mt. Avala with its wide distribution and diversity of rock types and variety of associated mineralization attracted attention of many geologists. The literature data dedicated to related problems including also several summaries.

Tertiary magmatic rocks from Mt. Avala were described by Dimitrijević (1931) who categorized them, according their mineral and chemical composition in two groups: the first group is composed of quartz–free rocks (lamprophyres, microkersantites and andesites) and the second of quartz–rich rocks (quartz microdiorites, microgranites and rhyolites). Subsequently, Ivković (1975) and Pavlović et al. (1968) classified them into andesites, dacites and quartz latites, and microdiorites. Ilić & Knežević (1969) studied in detail quartz latites Tešića Majdan (Ripanj). Later Vasković (1990) presented a more definitive study discussing mineral composition and bulk–rock chemistry and proposing a petrogenetic characteristic. Vasković & Jović (1993) studied geochemical characteristics of these rocks and after that the same authors (1994) studied the trace element in main and accessory minerals.

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Džušina 7, 11000 Belgrade, Yugoslavia.

The aim of present paper is to summarize the available information on different types of volcanic rocks on the Mt. Avala and their petrographic, chemical, and textural characteristics.

This paper based on literature data and our investigation. It reflects also the present day knowledge (up to 1995) of Tertiary volcanics on Mt. Avala.

GEOLOGICAL SETTING

The Mt. Avala Tertiary igneous suite is exposed on the outer most part of North Šumadija, about 20 km south of Belgrade (Fig. 1).

Geotectonically it belongs to the Vardar Zone e.g. to the south marginal part of Pannonian basin.

The Tertiary volcanic rocks is exposed over an area of about 32 square kilometers composed of serpentinite, diabase–chert formation, sediments of Neocomian flysh and Turonian–Senonian flysch and the Tertiary sediments (Fig. 2). The Mesozoic rocks folded in the Laramian orogene phase. Later tectonic movement caused intensive faulting before the beginning of Tertiary magmatism (Eocene to Oligocene age, table 1). This magmatism caused contact metamorphism of the Turonian–Senonian flysch sediments (Vasković, 1993).

OCCURRENCES AND SHAPE

The Tertiary volcanic in Mt. Avala occur as dikes intruded into the Jurassic serpentinite, sediments of diabase–chert formation and Neocomian flysh and sediments of Turonian–Senonian flysch. Their geological relationships are shown in Fig. 2. The dykes direction is NW–SE and NE–SW, rarely E–W, and its parallel to the direction of the main fault structures. Their thickness range from 1 to 20 m, rarely is up to 100 m.

PETROGRAPHY

We noted the continuous range in mineral composition of Mt. Avala volcanic rocks. According that we subdivided these rocks into two groups (table 2 and 3).

The first group we qualified as a group of quartz – poor rocks and distinguished within them kersantites, trachybasalts, basaltic trachyandesites, latites and trachyandesites, and andesites (table 2), and the second group as a group of quartz–rich rocks with follow types: quartz latites and dacites (table 3).

General petrography characteristics of the I – group presented at table 1. These rocks situated, mainly, at the central part of the Mt. Avala massif (Vranovac creek, the top of the mountain, Fig. 2) and at the southern slopes (Prečica creek, Fig. 2). Among them we distinguished kersantites, trachybasalts basaltic trachyandesites, latites and trachyandesites and andesites.

Kersantite is the oldest rock (table 1). It occurs dyke about 20 m thick that intruded sediments of Turonian–Senonian flysch of the Prečica creek, (Fig. 2). The marginal part of dyke altered.

Mineral composition and texture presented at table 1, and modal composition at table 4.

They are porphyritic with euhedral to subhedral phenocrysts of ferromagnesian minerals (table 2). In some degree these minerals altered. *Plagioclase* is subidiomorphic, lamellar or normally zoned, fresh or slightly altered to sericite or calcite. *Orthoclase* is subhedral, fresh or strongly altered to kaolinite. *Biotite* occurs as large phenocrysts made porphyritic texture. It appears commonly in association with augite. The most of biotite folias are bent and tear up. Sometimes, some of which are poikilitically enclosed by feldspar or included apatite. The phenocrysts are fresh, but in the marginal part of dyke altered partly to chlorite or decolorized. *Augite* occurs as phenocrysts too. Some of them cracked and along fissure chloritized. Granular accumulation, range in size from 2 to 5 mm, in association with biotite made augite. *Quartz* is very rare, mostly missing. It occurs as small anhedral crystals in the interstices of suboffitic medium-grained grounds.

Trachybasalts occurs as dykes on the eastern slope (Vranovac creek) of the Mt. Avala and at its top (Fig. 2). The dyke thickness is about 5 m and their direction is NE-SW. They intruded contact metamorphosed Turonian-Senonian flysch sediments. The marginal parts of trachybasalts (Fig. 3, sample 143) were under influence of pneumalotic action that occurrences of the nests and sprits composed of epidote minerals or/and axinite.

Texture and mineral composition presented at table 2, and modal composition at table 4.

K-feldspar occurs as small anhedral crystals in the microgranular groundmass and very rare as subhedral phenocrysts up to 1 mm in length dimension. *Plagioclase* is subhedral to euhedral, lamellar or normally zoned. The phenocrysts are fresh or slightly altered. The basic core and marginal parts of some zoned phenocrysts altered to coisite. *Augite* appears as euhedral phenocrysts or as small grains in the microgranular to subotophic groundmass. Some phenocrysts have been resorbed slightly during to their leter crystalization hystory. Augite in the marginal parts of dyke altered to epidote or actinolite and/or chlorite. Green subhedral phenocrysts of hornblende subordinated augite. The cores of some phenocrysts transformed to biotite. Marginal parts of some grains show comb-like features on which biotite continued. Dark red biotite is fresh or slightly chloritized. Some of it's contains inclusion of apatite. *Quartz* is very rare, occurred as microlites or missing.

Basaltic trachyandesitic occur as dyke about 5 m thick intruded contact metamorphosed sediments of turonian-senonian flysh on the top of the mountain (sample 83, Fig. 3). Large fragments and blocks of these rocks found on the slopes of Dugo brdo northern of Avala Mt. (Fig. 3, sample 165). These rocks show a higher content of K-feldspar, amphibole and pyroxene than previous. Biotite is missing.

Andesites occur as dykes on the southwestern and northern slopes of mountain that intruded sediments of diabase-chert formation and Neocomian flysh and Turonian-Senonian flysch sediments (Fig. 2). The trend direction of dykes are NW-SE and their thickness range from 2 to 5 m. We found also one dyke of andesite northern from Mt. Avala (Dugo brdo) intruded serpentinites (Fig. 2).

Mineral composition and texture of andesites presented at table 2.

These rocks are phenocrysts - rich. Some of andesitic dykes shows gradual transition to *trachyandesites* (increasing of K-feldspar content) or to dacite (increasing of quartz content).

Andesites separated according their mafic constituents into following type: biotitic, hornblende-biotitic and hornblende augite-biotitic.

Biotitic andesites appear at the Krstati and Duboki creek and near the village Beli Potok, hornblende-biotitic type at the Dugo brdo. The rocks from the Krstati and Duboki creek altered hydrothermally and weathered.

Plagioclase phenocrysts are abundant, euhedral in form and lamellar or normally zoned. Phenocryst appear as isolated crystals in the microcrystalline groundmass or made granular accumulation up to 4 mm in length. Some of which enclosed poikilitically biotite and/or hornblende. A few crystals contain inclusions of apatite and rarely magnetite. The phenocrysts are fresh only in the andesitic dykes near the village Beli potok and Dugo brdo, while in the others' appearances they are partly or heavily sericitized or/and calcitized. Plagioclase phenocrysts from the outer parts of andesite dyke on Dugo brdo characterized by the vein of K-feldspar. The most of phenocrysts from andesite dyke near village Beli Potok show irregular undulatory extinction and fissures that is a consequence of protoclastic phase originated during the motion of crystallized magma. Dark red *biotite* phenocrysts are fresh or partly to completely chloritized or decolourized in the from Krstati and Duboki creek. In andesites from Dugo brdo they are fresh or slightly altered to chlorite, epidote or/and calcite. Some biotite folias bented. The phenocrysts contain inclusion of apatite and magnetite. Green phenocrysts of *hornblende* are euhedral to subhedral, sometimes twined (100), fresh or partly altered to biotite. Some phenocrysts slightly resorbed. In the marginal parts of andesite dyke from Dugo brdo the phenocrysts of hornblende altered to aggregate of epidote or/and chlorite and calcite with small amount of magnetite and Ti-Fe oxides. In the others appearances it is chloritized or/and calcitized. The pale green or colorless phenocrysts of *augite* are euhedral to subhedral, fresh or slightly altered to actinolite. Sometimes augite made irregular or oval to amoeboidal medium grained accumulation in association with amphibole and biotite range in size from 3 to 5 mm. In their interstices small fine grains of plagioclases and Fe-Ti oxide occurred. This accumulation, according their mineral association and texture, characterized by complexity condition of crystallized magma or theirs made completely resorbed and recrystallized enclaves. K-feldspar is rare. It appears only at the northeastern outcrops of dyke from Dugo brdo and in association with plagioclases made granophiric groundmass. Quartz is very rare. It found as an oval or amoeboidal phenocryst only at the marginal parts of dyke from Dugo brdo. its higher content suggested that these rocks made gradual transition to dacite.

Latite and **Trachyandesite** dykes intruded serpentinites and Turonian-Senonian flysch sediments on the northeastern (Gladevac creek), southeastern (Vranovac creek), southwestern (Krstati and Duboki creek) slopes and at the top of Avala Mt. (Fig. 2). The direction of dykes is NW-SE. Their thickness is range from 1 to 10 m. They characterized by the abundances of feldspar phenocrysts and some of them by the large phenocrysts of euhedral hornblende up to 1 cm in size. Several latite dykes hydrothermally altered and weathered. The alteration processes are not the same in all dykes and before all they depended of their geological setting. Thus Latites from the southwestern slopes of Avala Mt. (Krstati creek) are sericitized and chloritized. From southeastern slopes (Gladevac creek) and the top of the mountain is hardly K-metasomatized (appearing of fine

to coarse-grained sprit of adularia), silificated, chloritized and pyritized; from northeastern slopes (Vranovac creek) epidozed, silificated and chloritized.

Mineral composition and there texture presented at table 2 and modal composition at the table 5.

Plagioclases are abundant in all dykes. The phenocrysts are euhedral to subhedral, lamelar or normally zoned. Some phenocrysts included biotite and hornblende and some contain minute inclusion of apatite and rarely magnetite. Plagioclases built, sometimes, medium to fine-grained accumulation up to 5×7 mm or it made association with biotite, clinopyroxene (slightly uralitized), and hornblende (slightly altered to biotite) in microgranular to microcrystalline groundmass. Phenocrysts of plagioclase are hardly sercitized in the hydrothermaly altered rock from Krstati creek and from the top of the mountain (Russian Monument). They completely replaced by the adularia in the rocks from the Gledevac creek. *Sanidine* phenocrysts (range in size 1×0.5 to 7×5 mm), euhedral in form, are rare. The main amounts of sanidine built the microcrystalline to hypocrytalline groundmass. Some phenocrysts included hornblende and biotite. *Hornblende* phenocrysts are abundant only in the latite dyke from the top of the mountain (Fig. 2, sample 84, Fig. 3) as mentioned above. In the others' phenocrysts appear in the modal minority. Dark green to pale green euhedral phenocrysts, one twinned, are up to 5×2 mm, rarely to 10×6 mm. Some of them included pagioclase or contain minute inclusion of apatite, sphene or Fe-Ti oxides. In addition, some hornblende's show reaction rims composed of opaque minerals. In the hydrothermaly altered rocks the phenocrysts slightly or hardly transformed to aggregates of actinolite and/or epidote and albite. *Augite* observed only in the dyke exposed near the top of the mountain that is near the source of Vranovac creek (Fig. 2). The phenocrysts are euhedral, sometimes twinned, up to 0.8×0.45 mm. Dark red fresh *biotite* is rare. It is commonly chloritized or/and decolourized. Some phenocrysts contain inclusions of zircon. The rocks from the top of the mountain (sample 74, Fig. 3) characterized by the rare small phenocrysts of quartz. Accessories shown at the table 2.

II-group (quartz-rich rocks) presented by quartz latites and dacites (table 3).

Quartz latites occur as dykes in trend direction NW-SE and NE-SW intruded in serpentinites, sediments of diabase-chert formation and Neocomian flysh and Turonian-Senonian flysch sediments on the eastern, southwestern and southern slopes and at the top of the Mt. Avala (Fig. 2). Their thickness is range from 1 to 20 m, rarely to 100 m (Krstati creek, Fig. 2).

According their relationship to Pb-Zn mineralization the most interesting occurences are at Crveni breg area (Fig. 2).

Mineral composition and texture presented at table 3.

Petrography investigations are show that quartz-latites differ each other under mineral composition, texture as well as the types of hidrthermal alteration. Namely, we found that in the same dykes the amounts of quartz phenocrysts are very variable. Its range in some parts of dykes from 0.35 to 8.23% vol.rocks (table 6) or missing. These dykes, according the whole modal quality of quartz, show transition to **quartz latitic andesites** and to **latites** or to **latite andesites** or **trachytic andesites**. According texture some of them display hypocrytalline to glassy groundmass (sample 87, 171, and 57, Fig. 3).

The most interesting occurrences of the quartz latites are in the Vranovac creek and on the southwestern (Crveni breg area) and northeastern slopes (Gledevac creek) of Mt. Avala (Fig. 2).

The first occurrence of quartz latite (Vranovac creek) is highly porphyritic and contains large phenocrysts of feldspar. The groundmass is microcrystalline, sometimes displays a granophyric character, and mainly contains microlites of feldspar and quartz. The phenocrysts/groundmass ratio is 1.5:1.

Plagioclases are dominant among phenocrysts (table 6). The phenocrysts are euhedral to subhedral, normally zoned or lamellar. The most phenocrysts replaced by the adularia that also filled up fissures in them. Some of phenocrysts slightly replaced by coisite. Phenocrysts of *sanidine* are not so abundant, but their amounts are competent to designate these rocks as quartz latite. The phenocrysts are euhedral, twinned under the Carlsbad law or sometimes zoned. Biotite phenocrysts are commonly chloritized or decolourized. Green *hornblende* phenocrysts show high idiomorphism and they commonly altered to chlorite or to aggregate of epidote, chlorite and magnetite. *Augite* phenocrysts are rare, up to 1 mm in length and mostly altered to chlorite. The modal amount of quartz phenocrysts is very variable (table 6). Sometimes, in the same dyke its quantity varies from 3.2% to 15% vol. of all phenocrysts. *Quartz* phenocrysts are oval to amoeboidal in form range in size from 0.1 to 4 mm. Quartz latite dyke from Vranovac creek (sample 30, Fig. 3) characterized by the presence of microgranular to fine-grained accumulations up to 1 cm in size composed of hornblende, biotite augite and feldspar. These accumulation dioritic in character sometimes mantled by microgranular aggregates of feldspar and quartz. Some of them are enclaves. The most quartz latites from Vranovac creek hardly hydrothermally altered that is silicified, sericitized and chloritized. The exception is quartz latite from the source of Vranovac creek (sample 117, Fig. 3) which was under high influence of K-metasomatism produced fine to coarse-grained adularia aggregates replaced about 15% to 25% vol. rock. The same alterations exist also within quartz latite from the top of the mountain. Quartz latite dykes occurred on the southwestern slopes of the mountain, about 500 m from its top, showed the same characteristic as mentioned before. First dyke is fresh (sample 83, Fig. 3) and the second hardly K-metasomatized.

Quartz latites from Gledevac differ from above mentioned by the absence of augite. These rocks are highly K-metasomatized. Modal amounts of adularia in them range from 25.89 to 41.53% vol. rock (sample 118 and 120, Fig. 3).

In the area of Crveni breg quartz latite dykes intruded contact metamorphosed sediments of Turonian-Senonian flysch. The most instructive is about 100 m thick dyke occurred on the mouth of Krstati creek to Topčider river (sample 169-171, Fig. 3). The marginal part of dyke characterized by the chill margin about 35 cm wide with glassy groundmass. Its central parts are holocrystalline with microcrystalline to microgranular and granophyric groundmass. These rocks have the same mineral composition as the rocks from the Vranovac creek. Quartz latite from the creek Crveni breg and source of Krstati creek are hardly K-metasomatized and contained up to 30% of adularia.

The quartz latite from tešića majdan described in detail Ilić & Knežević (1969).

Dacites occur as dykes in trend direction NE-SW and NW-SE on the western slopes of Mt. Avala (Fig. 2). Their thickness is range from 2 to 15 m.

Mineral composition and textures are shown at table 3.

The most of dacite dykes were under influence of hydrothermal action caused silicification, sericitisation and chloritisation.

WHOLE ROCK CHEMISTRY AND CLASSIFICATION

Thirteen samples of volcanic rocks from Mt. Avala Tertiary magmatic suite analysed for major elements. These samples considered representative according mineral composition.

Bulk-rock chemistry of selected samples is given at table? The analytic data published by earlier authors presented also here. Generally, Tertiary volcanics from Mt. Avala exhibit a wider range of composition. Silica content is range from 49.95 to 65.19% e.g. vary from basic (SiO_2 51 ± 2) to acidic ($\text{SiO}_2 > 63\%$) composition. The most of them is corresponds to intermediate igneous rocks.

A wide range in content of many major oxides from examined rocks is a consequence of heterogeneous character of magmatism oneself that is a consequence of primary magma differentiation that originated these rocks.

On the petrogenetic view the more specific are the low silica content in combination with high content of K_2O and CaO and relatively high $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ration in the rocks of basic character.

The examined rocks subdivided according silica content in two groups:

The first group is the volcanic rocks of basic-intermediate character (SiO_2 : 49.95 to 56.34 %)

The second group is the volcanic rocks of intermediate-acidic character (SiO_2 : 59.56 to 65.19 %)

Major element composition plotted concerning rock types (Fig. 4) illustrated a discontinuous character of magma from basaltic trachyandesites to dacite. Initially, among 49.95 and 56.34% SiO_2 (I-group) there is an overall increase in K_2O and decrease in CaO , Al_2O_3 and FeO . The rest of major oxides show a wider and sharp variation. The rocks in the II-group, however, show with increasing of SiO_2 in intermediate part of diagram a gradual decrease of alkalis, a wider variation in CaO and FeO and gradual increase in MgO . A wider variation characterized the second part of diagram (SiO_2 61.95 to 65.19%).

On a plot of total alkalis versus silica (Fig. 5) the volcanic rocks of I-group correspond to basaltic trachyandesites and trachyandesites. Kersantite shows characteristics of trachyandesites (sample 2 Fig. 3). The II-group correspond to dacites and trachyandesites or show transition between dacites and trachydacites.

According R_1 - R_2 digram (Fig. 5) the rocks of the first group fall into latitic andesite, latite, trachybasalt and trachyandesite fields. The rocks of II-group fall into dacite, rhyolite and quartz latite fields and scattered to quartz latitic andesites.

CONCLUSION

Tertiary volcanic rocks of Avala Mt. occur as dykes intruded into the Jurassic serpentine, diabase-chert formation and sediments of Turonian-Senonian flysh. The dykes direction is NW-SE and NE-SW, rarely E-W, and it's correspond to the direction of the main fault structures. They thickness range from 1-20 m, and it's rarely up to 100 m.

The Tertiary volcanic rocks of Avala Mt. composed of the phenocrysts of K-feldspar (sanidine, orthoclase), quartz, augite, hornblende, and biotite. Accessory minerals are orthite, zircon, apatite, sphene, magnetite, and sulphure ore. Secondary are adularia, sericite, chlorite, epidot/coisite, quartz, Fe-oxides, clay minerals, calcite and limonite.

They are hollocrystalline, rarely vitrophic, in texture.

According mineral composition and whole rock chemistry the volcanic rocks of Avala Mt. are divided in two groups. The first group characterized by the basic-intermediary rocks (basaltic trachyandesites, trachyandesites-latites, andesites and lamprophires-kersantites). The second group composed of the intermediary-acidic rocks (quartz latite, dacitic andesites and dacite).

The oldest rocks are kersantite from Prečica creek (54.58 Ma) and the youngest are quartzlatite (25 to 23 Ma).

Translated by authors

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- De la Roshe, H., Leterrer J., Granclaud P. and Marshal M., 1980: A classification of volcanic and plutonic rocks using R_1 - R_2 digram and major elements analyses. Its relationships with current nomenclature.– *Chem. Geol.*, 29., 183–210.
- Димитријевић Б. (=Dimitrijević), 1931: Авала – Петрографско-минералозна студија са геолошким картом у размери 1:50000.– Српска Краљевска академија. Посебна издања. књ. LXXXV. прир. и мат. писи. књ. 23, Београд.
- Ilić M. i Knežević V., 1968/69: Spiliti Tešića Majdana u selu Ripnju pod Avalom.– *Zbornik Radova RGF*, sv. 11–12, 9–31, Београд.
- Ivković A., 1975: Tumač za list Pančevo, OGK 1:100000.– SGZ, Београд.
- La Maitre R. W., Bateman P., Dudek A., Keller J., Lameyer le Bas M. J., Sabine P. A., Schmid R., Sorensen H., Streckeiesen A., Wodley A. R. and Zanettin B., 1989: A classification of igneous rocks and glossary of terms.– Blackwell, Oxford.
- Pavlović Z., Vuković M. i Marković B., 1968: Izveštaj o geološkim istraživanjima u području Šumadije. Geološka karta Beli Potok 3 (1:10000).– Fond SGZ, Београд.
- Vasković, N., 1990: Petrološke karakteristike tercijarnih magmatskih i kontaktno metamorfnih stena Avale.– *Magistarski rad (nepublikovano)*. Rudarsko-geološki fakultet, 1–258, Београд.
- Васковић Н. и Јовић В. (=Vasković and Jović), 1993: Геохемија терцијарних вулканских стена Авале.– *Геол. ан. Балк. полуос.*, 57/1, 343–358, Београд.
- Васковић Н. (=Vasković), 1993: Контактна метаморфне стене Авале (северна Шумадија).– *Ibid.*, 57/2, 299–30. Београд.
- Vasković N. i Jović V., 1994: Mikroelementi u mineralima tercijarnih vulkanita Avale. *Radovi Geoinstitutata*, 29., 237–246, Београд.