

Magmatizam i metamorfizam - geohemijsko-geodinamička perspektiva

Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Ana Mladenović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Magmatizam i metamorfizam - geohemijsko-geodinamička perspektiva | Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Ana Mladenović | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005805>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU · RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
UNIVERZITET „GOCE DELČEV“ ŠTIP · FAKULTET ZA PRIRODNI I TEHNIČKI NAUKI

VLADICA CVETKOVIĆ · KRISTINA ŠARIĆ · ANA MLADENović

Magmatizam i metamorfizam

geohemijsko-geodinamička
perspektiva



UNIVERZITET U BEOGRADU ▪ RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
UNIVERZITET „GOCE DELČEV“ ŠTIP ▪ FAKULTET ZA PRIRODNI I TEHNIČKI NAUKI

Vladica Cvetković ▪ Kristina Šarić ▪ Ana Mladenović

MAGMATIZAM I METAMORFIZAM: GEOHEMIJSKO-GEODINAMIČKA PERSPEKTIVA

Beograd, 2019

Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Ana Mladenović
MAGMATIZAM I METAMORFIZAM: GEOHEMIJSKO-GEODINAMIČKA PERSPEKTIVA

Urednik:
Dr Vesna Matović

Recenzenti:
Dr Dejan Prelević
Dr Branislav Trivić

Mesto i godina izdanja:
Beograd, 2019

Izdavači:
Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet
11000 Beograd, Đušina 7, tel. 011/3219-101, telefaks 011/3235-539
Univerzitet „Goce Delčev“ Štip, Fakultet za prirodni i tehnički nauki
Krste Misirkov 10A, 2000 Štip, tel. +389 32 55 00 83

Za izdavače:
Dr Zoran Gligorić, dekan
Dr Blažo Boev, rektor

Odobreno za štampu od strane Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta
Univerziteta u Beogradu odlukom br. 8/45 od 23.04.2019. godine

Tiraž:
500 primeraka

Štamparija:
Sapient Graphics, Novi Beograd

ISBN:978-86-7352-339-2

© Sva prava zadržana

*Ovu knjigu posvećujemo našim učiteljima,
profesorki Veri Đorđević i akademiku Stevanu Karamati*

PREDGOVOR

Podela svih stena na magmatske, sedimentne i metamorfne spada u osnovna znanja iz prirodnih nauka, a okvirne informacije o tome kako stene nastaju mogu se naći i u svakom korektno napisanom srednjoškolskom udžbeniku iz geografije. Svako ko je završio gimnaziju trebalo bi da zna da magmatske stene kristališu iz rastopa, a da metamorfne i sedimentne nastaju preobražajem već postojećih stenskih masa, kao i to da se u slučaju metamorfita ovo preoblikovanje vrši u dubini Zemlje, a da je za nastanak sedimentnih stena neophodno da se postojeće stene najpre površinski raspadnu pa da se dezintegrisani materijal istaloži na nekom drugom mestu.

Ne mora se, dakle, studirati geologija, da bi se znalo da je granit sa Cera nekad bio magma, da se pesak sa ušća Save u Dunav sastoji iz sitnih odlomaka različitih stena i minerala koji su doputovali ko zna odakle i od kojih će, kada očvrstu, nastati peščar sličan onome koji je uzidan u naše manastire Moravske škole, ili da je krečnjak s Tašmajdana obrazovan taloženjem ljuštura davno izumrlih organizama, kao i to da ni jedna od navedenih stena ne može ostati u postojećem obliku ako se nađe na dubini od nekoliko kilometara u Zemljinoj kori, jer bi pritisci i temperature koji tamo vladaju od njih stvorili nove, metamorfne stene, kakve su, recimo, gnajs kod Stalaća ili mermer sa Venčaca.

Ali pravo razumevanje stvaranja stena na Zemlji prevazilazi pitanje njihove osnovne klasifikacije. Jedno je odrediti strukturu i mineralni sastav i konstatovati da neka stena odgovara granitu, peščaru, krečnjaku ili mermeru, a sasvim je druga stvar imati konkretne odgovore na pitanja koja se tiču njene starosti i geneze. Kada je reč o već pomenutim primerima stena, to bi bila sledeća pitanja: kada i kako je stvorena magma od koje je očvršćavanjem nastao granit iz kamenoloma Konjuša na Ceru, na kojoj dubini se odvijala završna kristalizacija rastopa i kako se taj granit danas našao na površini? Ili: odakle i iz kojih stena vode poreklo zrnca

iz belovodskog pešćara, kada i u kakvoj vodi su ti fragmenti istaloženi i kada je rastresiti pesak očvrstnuo u postojanu stenu? Ili: u koje vreme i u kojem moru je deponovan organogeni krečnjak Tašmajdana i kamo je nestala sva ta voda, da bi taj isti krečnjak postao kopno? Ili: u kakvoj vodi su taloženi karbonati od kojih je kasnije postao venčački mermer, zašto je taj sediment uopšte boravio na velikim dubinama gde je rekristalisao u metamorfnu stenu i kako je sva ta masa lepog i belog mermera opet dospela do same površine? Najzad: kako (i zašto) se sve ovo događa, a pre svega odakle sva ta energija kojom se pomeraju stenske mase i horizontalno i vertikalno i koje su to sile zbog kojih se neke stene stvaraju, neke zauvek nestaju, a neke samo menjaju svoj oblik?

Za odgovore na ova pitanja nisu dovoljne rutinske litološke i petrografske odredbe niti je presudno biti dobar samo u prepoznavanju stena. Čisto petrološki okvir posmatranja geneze stena isuviše je jednosmeran, neophodno je da sve stene, i pojedinačno i u vidu određenih asocijacija, budu sagledane kroz mnogo širu i složeniju geološku, odnosno geotektonsku prizmu. A da bi ova geotektonska prizma uopšte propuštala svetlo, da bi kroz nju bilo moguće išta razaznati, nužna je pomoć geohemije. Ova knjiga je posvećena upravo tome – *geohemijsko–geodinamičkoj perspektivi porekla i evolucije magmatskih i metamorfnih stena*.

Uspešno praćenje sadržaja ove knjige, metaforički rečeno, zahteva „opštu mobilizaciju“ znanja iz gotovo svih bazičnih kurseva geologije, od osnova geodinamike, geohemije, mineralogije i petrologije, preko strukturne geologije i tektonike, sve do geofizike i geneze rudnih ležišta. Iako se u njenom fokusu nalazi petrologija magmatskih i metamorfnih stena, knjiga je namenjena svim geolozima. Geotektonski rakurs pogleda na poreklo i evoluciju stena i stenskih masa važan je za sve regionalne geologe, ali i za geologe različitih inženjerskih (primenjenih) specijalnosti. Mnogi od njih često doživljavaju petrologiju samo kao nepregledni spisak vrsta i podvrsta stena, koji se teško (napamet) uči, a lako zaboravlja, zato smo u ovoj knjizi prioritet stavili na objašnjavanje porekla stena, pre nego na njihovu klasifikaciju. Najzad, geohemijske argumente, koje čak i mnogi petrolozi ne razumeju dovoljno, izložili smo na najjednostavniji mogući način, odnosno samo onoliko koliko je potrebno za njihovu brzu, ali adekvatnu primenu.

Naša knjiga, koja je zamišljena da se koristi i kao pomoćni udžbenik, pojavljuje se u trenutku kada se menja paradigma čitavog univerzitetskog obrazovanja, pa i obrazovanja uopšte. Udžbenici su nekada pisani da traju decenijama, danas niko od nas ne zna ni kako će se za pet godina izvoditi elementarna nastava na univerzitetima. Ne znamo čak ni to da li će biti potrebe za bilo kakvim udžbenicima i, ukoliko ipak hoće, kako će oni uopšte izgledati. Pošto smo

i sami daleko od neke pouzdane anticipacije kuda ide ova vrsta literature, odlučili smo se za klasičnu formu, zato naša knjiga ni po čemu nije posebna i izgleda kao i svaki drugi udžbenik iz geologije.

Jednu stvar smo ipak imali naročito u vidu, a to je da od samog početka uspostavimo i do kraja održimo jednu posebnu naraciju koja prilično odstupa od većine udžbenika. Namera nam je bila da povećamo šanse da će ova knjiga biti čitana u kontinuitetu i to više iz lične znatiželje, nego iz nametnute obaveze. Bez obzira koliko smo u tome uspeli, želimo da naglasimo sledeće: svaki pojam i svi materijalni podaci koji su sadržani u ovoj knjizi mogu se za manje od jednog minuta naći i proveriti na internetu, o mnogima od njih postoji na stotine stranica teksta na raznim veb adresama, ali čitava priča ispletana od niti kojima su sve te činjenice, podaci i pojmovi povezani – ovakva kakva jeste – postoji samo u ovoj knjizi i nigde drugde. Naša knjiga sigurno ne nudi odgovore na sva pitanja u vezi s geodinamičkom perspektivom magmatske i metamorfne petrologije, niti su u njoj objašnjeni svi mogući geohemijski alati koji se koriste u savremenoj petrologiji, ona je pre svega tu da uspostavi čvrstu vezu između petrologije, geohemije i geodinamike i da time pruži šansu svakom čitaocu da sam sebi postavlja pitanja i da onda odgovore traži na nekom drugom mestu, takođe sam.

Beograd, februar 2019.

Autori

SADRŽAJ

PREDGOVOR	5
UVOD	9
PRVI DEO - ZEMLJA KAO DINAMIČNA PLANETA	11
1.1 Dokazi svuda oko nas	11
1.2 Poreklo unutrašnje dinamike Zemlje	14
Dodatak 1.2: VETAR U LEĐA RAZVOJU GEONAUKA	15
1.3 Sastav i građa Zemlje	17
Dodatak 1.3a: HONDRITSKI METEORITI – UZORCI PLANETE ZEMLJE KOJE VIŠE NEMA	20
Dodatak 1.3b: KASNO „BOMBARDOVANJE“ – GEOHEMIJSKA POTVRDA	22
1.4 Stvaranje Zemlje kao nebeskog tela	24
Dodatak 1.4: RADIOMETRIJSKO DATOVANJE - PROZOR U GEOLOŠKU PROŠLOST	25
1.5 Primarna geohemijska diferencijacija	28
1.5.1 Mehanizam primarne diferencijacije	28
1.5.2 Posledice primarne diferencijacije – „odlazak“ siderofilnih elemenata u jezgro	30
Dodatak 1.5.2: ZEMLJINO MAGNETNO POLJE	31
1.6 Sekundarna geohemijska diferencijacija	34
1.6.1 Rana sekundarna diferencijacija i stvaranje prve Zemljine kore	34
1.6.2 Zemljina kora dobija podlogu: stvaranje litosfere	35
Dodatak 1.6.2: LITOSFERA – VATROSTALNI „PODMETAČ“ ZEMLJINE KORE	38
1.6.3 Sekundarna diferencijacija danas – nezavršena priča	40
Dodatak 1.6.3: VODA – KATALIZATOR SEKUNDARNE GEOHEMIJSKE DIFERENCIJACIJE	41
1.7 Građa današnje Zemlje	43
1.7.1 Slojevita struktura Zemlje	43
Dodatak 1.7.1: SEIZMIČKI TALASI – KAKO DOBIJAMO INFORMACIJE O UNUTRAŠNJOJ GRAĐI ZEMLJE?	46
1.7.2 Omotač jezgra	49
1.7.2.1 Motor Zemljine geodinamike	49
1.7.2.2 Karakter gornjeg omotača – materijalni dokazi	50
Dodatak 1.7.2.2: LAVA KOJA UZIMA PRIMERKE ZA NAS	52
1.7.2.3 Priroda donjeg omotača	54
1.7.2.4 Sastav omotača – završne napomene	56
1.7.3 Zemljina kora – kao „roba na pokretnoj traci“	57

1.7.3.1 Okeanska kora	57
Dodatak 1.7.3.1: OFIOLITI – OKEANSKI VREMEPLOVI	60
1.7.3.2 Kontinentalna kora	63
Dodatak 1.7.3.2: ŠTA JE GEOLOŠKA STAROST?	67
DRUGI DEO - MAGMATIZAM: OPŠTA PERSPEKTIVA	71
2.1 Poreklo magmatizma	71
2.2 Najvažniji magmatski procesi	72
2.1.1 Parcijalno stapanje	73
2.1.1.1 Parcijalno stapanje zbog prinosa toplote (+ ΔT)	75
2.1.1.2 Parcijalno stapanje snižavanjem pritiska ($-\Delta P$)	77
2.1.1.3 Parcijalno stapanje zbog prinosa volatila (+ ΔX_{H_2O})	79
2.1.1.4 Uzroci parcijalnog stapanja – završne napomene	80
2.2.2 Izvor magme i efekti parcijalnog stapanja	81
2.2.2.1 Stapanje različitih protolita	83
Dodatak 2.2.2.1: TERMODINAMIKA SILIKATNIH SISTEMA	87
2.2.2.2 Režim parcijalnog stapanja	90
2.2.2.3 Efekti parcijalnog stapanja – završne napomene	92
2.2.3 Tipovi primarnih magmi	93
Dodatak 2.2.3: MAGMA: RASTOP NA PRELAZU IZMEĐU DVE STENE	94
2.2.3.1 Ultrabazične i bazične primarne magme	97
Dodatak 2.2.3.1: PERIDOTITI – JEDNA PETROLOŠKA ENIGMA	101
2.2.3.2 Intermedijarne i kisele primarne magme	104
2.2.3.3 Ostale primarne magme	106
2.2.3.4 Tipovi primarnih magmi – završne napomene	110
2.2.4 Transport magme	110
2.2.4.1 Razlika u gustini i potisak magme	110
2.2.4.2 Uspinjanje kiselih i intermedijarnih magmi – problem prostora	111
2.2.4.3 Uspinjanje bazičnih i ultrabazičnih magmi – problem specifične težine	114
2.2.4.4 Transport magme – završne napomene	116
2.2.5 Modifikacija primarnih magmi	117
2.2.5.1 Magmatska diferencijacija	118
Dodatak 2.2.5.1: ŠTA NAM GOVORI SASTAV MAGMATSKE STENE?	119
2.2.5.2 Frakciona kristalizacija	120

2.2.5.3 Asimilacija	124
2.2.5.4 Mešanje magmi i izdvajanje nemešljivih rastopa	129
Dodatak 2.2.5.4: PROCESI MEŠANJA MAGMI TOKOM KENOZOJSKOG MAGMATIZMA DINARIDA	131
2.2.5.5 Modifikacija primarnih magmi – završne napomene	134
2.2.6 Magmatski nizovi i serije	134
Dodatak 2.2.6a: POLARIZACIONA MIKROSKOPIJA – METODA ZA SVA VREMENA	135
Dodatak 2.2.6b: SISTEMATIKA MAGMATSKIH STENA	138
2.2.6.1 Subalkalni niz	143
2.2.6.2 Toleitska serija	145
2.2.6.3 Kalko-alkalna serija	147
2.2.6.4 Alkalni niz	148
2.2.7 Finalni smeštaj i konsolidacija magme	150
2.2.7.1 Kraj proizvodne linije magmatizma – plutonizam i vulkanizam	152
2.2.7.2 Šta sve utiče na oblik intruzije?	152
2.2.7.3 Spoljašnji faktori – okolne stene i tektonski režim	156
2.2.7.4 Faktori koji utiču na sklop dubinskih stena	158
2.2.7.5 Vulkanski procesi i produkti	161
2.2.7.6 Efuzivna i eksplozivna aktivnost	163
2.2.7.7 Sklop vulkanogenih produkata	168
Dodatak 2.2.7.7: VULKANOKLASTIČNO ili PIROKLASTIČNO?	172
2.2.7.8 Plutonsko – vulkanske provincije	174
2.2.8 Postmagmatski procesi	175
2.2.8.1 Hidrotermalne promene na magmatskim stenama	175
TREĆI DEO - METAMORFIZAM: OPŠTA PERSPEKTIVA	179
3.1 Poreklo metamorfizma	179
Dodatak 3.1: IMAJU LI STENE ROK TRAJANJA?	180
3.2 Granična područja metamornih promena	181
3.3 Uzroci, posledice i produkti metamorfizma	183
Dodatak 3.3a: DINAMIČKA REKRISTALIZACIJA U ČVRSTOM STANJU	185
Dodatak 3.3b: VREMENSKI ODNOS DEFORMACIJE I KRISTALIZACIJE: MIKROSTRUKTURE	187
3.3.1 Pritisak kao osnovni faktor sklopa	189
3.3.2 Temperatura: faktor kinetike reakcija	192

3.3.3 Prisustvo fluida: ključni faktor alohemijiskog metamorfizma	194
Dodatak 3.3.3: STABILNI IZOTOPI: TRAGAČI ZA METAMORFNIM FLUIDIMA	195
3.3.4 Stabilnost minerala	198
3.3.5 Stepen metamorfizma, metamorfne facije i metamorfne zone	201
Dodatak 3.3.5: GEOTERMOBAROMETRIJA	204
3.4 Vrste metamorfizma, metamorfnih stena i deformacija	208
Dodatak 3.4a: SISTEMATIKA METAMORFNIH STENA	209
Dodatak 3.4b: SISTEMATIKA METAMORFNIH DEFORMACIJA	212
3.4.1 Regionalni metamorfizam	221
3.4.1.1 Orogeni ili regionalni metamorfizam <i>sensu stricto</i>	221
3.4.1.2 Metamorfizam tonjenja	226
3.4.1.3 Metamorfizam okeanskog dna	227
3.4.2 Lokalni metamorfizam	229
3.4.2.1 Kontaktni metamorfizam	229
3.4.2.2 Metamorfizam u podini ultramafitskih masiva – „metamorfni đonovi“	232
Dodatak: 3.4.2.2: METAMORFNI ĐONOVI: NAUČNI DOPRINOS PROFESORA STEVANA KARAMATE	234
3.4.2.3 Ostale vrste lokalnog metamorfizma	237
3.5 Metamorfna evolucija i starost metamorfnih procesa	239
Dodatak: 3.5: STAROST METAMORFIZMA I STAROST PROTOLITA	242
ČETVRTI DEO – GEOTEKTONSKE SREDINE STVARANJA STENA	245
4.1 Tektonika ploča: kratka istorijska perspektiva	245
Dodatak 4.1: ZAŠTO SU „IZUMRLE“ GEOSINKLINALE?	247
4.2 Osnove koncepta tektonike ploča	249
4.3 Prikaz geotektonskih sredina - uvodne napomene	252
4.4 Podela geotektonskih sredina	255
4.4.1 Mesta širenja okeana – srednjookeanski greben	256
4.4.1.1 Raspored srednjookeanskih grebena	256
Dodatak 4.4.1.1: PLANINSKI VENCI NA OKEANSKOM DNU	257
4.4.1.2 Mehanizam stvaranja magmi u srednjookeanskim grebenima	258
4.4.1.3 Geohemijske karakteristike MORB–a	260
Dodatak 4.4.1.3a: GEOHEMIJA U SLUŽBI GEODINAMIKE: OSNOVNE POSTAVKE	261
Dodatak 4.4.1.3b: OSIROMAŠENI OMOTAČ: ELEMENTI U TRAGOVIMA	264

Dodatak 4.4.1.3c: NEHOMOGENOST OMOTAČA U PROSTORU I VREMENU: RADIOGENI IZOTOPI	268
4.4.1.4 Metamorfizam u sredini srednjookeanskih grebena	274
4.4.1.5 Rudna ležišta u sredini srednjookeanskih grebena	274
4.4.1.6 Srednjookeanski grebeni – završne napomene	275
4.4.2 Mesta gde se okeani „skupljaju“ – subdukcione zone	276
4.4.2.1 Gde se nalaze subdukcione zone?	276
4.4.2.2 Dokazi da subdukcija postoji	277
4.4.2.3 Opšta građa subdukcionih zona	279
4.4.2.4 Mehanizam stvaranja magme u subdukcionim zonama	281
4.4.2.5 Karakter magmatskog izvora	283
4.4.2.6 Sastav magmatskih produkata	284
Dodatak 4.4.2.6: SUBDUKCIONI GEOHEMIJSKI AFINITET I KAKO GA PREPOZNATI	286
4.4.2.7 Boniniti i adakiti	289
4.4.2.8 Metamorfizam u subdukcionim zonama	291
4.4.2.9 Rudna ležišta u subdukcionim zonama	292
4.4.2.10 Subdukcione zone – završne napomene	293
4.4.3 Baseni iza luka	294
4.4.3.1 Intraokeanski marginalni baseni	295
4.4.3.2 Kontinentalni baseni iza luka	295
4.4.3.3 Magmatizam u basenima iza luka	296
Dodatak 4.4.3.3: SLOŽENE SPONE GEOHEMIJE I GEODINAMIKE: PRIMER K–h ODNOSA	298
4.4.3.4 Metamorfizam u basenima iza luka	299
4.4.3.5 Rudna ležišta u basenima iza luka	299
4.4.3.6 Baseni iza luka – završne napomene	300
4.4.4 Sredine unutar ploča – mesta gde se okeani „rađaju“	300
4.4.4.1 Duboke plume – dokazi i kontroverze	300
4.4.4.2 Stvaranje LIPs i nastanak okeana	304
4.4.4.3 LIPs iz kojih ne nastaju okeani	306
4.4.4.4 Ostali primeri magmatizma unutar ploča	307
Dodatak 4.4.4.4: TRIJASKI INTRAKONTINENTALNI RIFTING U DINARIDIMA	308
4.4.4.5 Bazalti unutar ploča – geohemija mikroelemenata	309
Dodatak 4.4.4.5: DISKRIMINACIONI DIJAGRAMI ZA ODREĐIVANJE GEOTEKTONSKE SREDINE: PREČICA KOJE NEMA	312

4.4.4.6 Bazalti unutar ploča – geochemija izotopa	315
Dodatak 4.4.4.6: IZOTOPSKO–GEODINAMIČKA SISTEMATIKA BAZALTA – KOLAŽ U OMOTAČU	316
4.4.4.7 Ostale magmatske stene u sredinama unutar ploča	321
4.4.4.8 Metamorfizam u sredinama unutar ploča	322
4.4.4.9 Rudna ležišta u sredinama unutar ploča	322
Dodatak 4.4.4.9: ZAŠTO U NAŠIM LAMPROITIMA I LAMPROFIRIMA NEMA DIJAMANATA?	324
4.4.4.10 Sredine unutar ploča – završne napomene	325
4.4.5 Orogene zone – mesta iščezavanja okeana	325
4.4.5.1 Kako nastaju planinski venci?	325
4.4.5.2 Himalaji – orogen koji živi	328
Dodatak 4.4.5.2: Fokalni mehanizmi zemljotresa	330
4.4.5.3 Ural – orogen koji „spava”	332
4.4.5.4 Dinaridi – mali deo velikog orogena	334
Dodatak 4.4.5.4: PRIMENA KONCEPTA TERANA U REŠAVANJU GEODINAMIKE DINARIDA	337
4.4.5.5 Magmatizam i metamorfizam orogenih zona	339
4.4.5.6 Rudna ležišta u orogenim zonama	339
4.4.5.7 Orogene zone – završne napomene	340
4.4.6 Postkolizionne sredine – zašto se orogeni ponovo „bude”?	341
4.4.6.1 Kolaps orogena	341
4.4.6.2 Magmatizam u postkolizionnim sredinama	343
Dodatak 4.4.6.2: METASOMATIZAM – „EGZOTIKA” U OMOTAČU	345
4.4.6.3 Metamorfizam u postkolizionnim sredinama	347
4.4.6.4 Rudna ležišta u postkolizionnim sredinama	349
4.4.6.5 Kenozojska post–kolizija u Dinaridima	350
Dodatak 4.4.6.5: GRANITI JUŽNE MARGINE PANONSKOG BASENA: NAUČNI DOPRINOS PROFESORKE VERE ĐORĐEVIĆ	355
PETI DEO - GEOHEMIJSKO–GEODINAMIČKO–PETROLOŠKA VEZA – ZAVRŠNE NAPOMENE	359
5.1 Petrologija i geodinamika – šta znači shvatiti ovu vezu na pravi način?	359
5.2 Geodinamičko–petrološki pogledi na geologiju Srbije	361
ZAHVALNOST	365
LITERATURA	366
REGISTAR POJMOVA	384

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

552.3/.4(075.8)
552.16(075.8)

ЦВЕТКОВИЋ, Владица, 1964-

Magmatizam i metamorfizam : geohemijsko-geodinamička perspektiva / Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Ana Mladenović. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet ; Štip : Univerzitet "Goce Delčev", Fakultet za prirodni i tehnički nauki, 2019 (Beograd : Sapient Graphics). - 395 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 500. - Napomene uz tekst. - Bibliografija: str. 366-383. - Registar.

ISBN 978-86-7352-339-2 (RGF)

1. Шарић, Кристина, 1969- [autor] 2. Младеновић, Ана, 1987- [autor]

a) Магматизам b) Метаморфизам

COBISS.SR-ID 281035276

