

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
HEMIJSKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Predmet: Izveštaj Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije Gordane Đ. Gajice, diplomiranog hemičara životne sredine

Poštovane kolegice i kolege,

Na redovnoj sednici Nastavno-naučnog veća Hemijskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, održanoj 11. 02. 2016. godine određeni smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije **Gordane Đ. Gajice**, diplomiranog hemičara životne sredine, prijavljene pod naslovom:

**Proučavanje naftno-gasnog potencijala povlatnog sloja uljnih šejlova ležišta
„Aleksinac”**

Komisija je doktorsku disertaciju pregledala i podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

I Z V E Š T A J

A. Prikaz sadržaja disertacije

Doktorska disertacija Gordana Đ. Gajica napisana je na srpskom jeziku i sadrži 185 stranu A4 formata (font 12, prored 1,5), podeljenog u osam odeljaka: 1. Uvod (5 strana), 2. Teorijski deo (56 strana), 3. Geološke karakteristike ispitivanog područja (6 strana), 4. Plan i cilj istraživanja (4 strane), 5. Eksperimentalni deo (5 strana), 6. Rezultati i diskusija (73 strane), 7. Zaključci (6 strana) i 8. Literatura (30 strane, 300 literaturnih navoda). Pored navedenog, disertacija sadrži Zahvalnicu, Izvod na srpskom i engleskom jeziku, Sadržaj i Biografiju autora. U tekstu disertacije nalazi se 66 slika i 26 tabela.

U Uvodu kandidat daje kraći osvrt na oblast istraživanja i temu svoga rada.

U Teorijskom delu kandidat je dao detaljan pregled literaturnih podataka koji su bili bitni za slagledavanje značaja uljnih šejlova i pristupa prilikom njihovog ispitivanja. U

posebnim celinama opisani su geneza i podela uljnih šejlova, kao i njihov sastav. Pored toga, u ovom delu opisani su biomarkeri i aromatična jedinjenja koja su korišćena u interpretaciji rezultata doktorske disertacije. Navedene su instrumentalne metode koje se najčešće koriste za analizu organskog i neorganskog dela uljnih šejlova. Posebna pažnja posvećena je metodama za proučavanje naftno-gasnog potencijala, objašnjeni su rezultati do kojih se na osnovu njih dolazi i istaknute su njihove prednosti i ograničenja. Na kraju ovog poglavlja dat je pregled rezervi uljnih šejlova u svetu i kod nas.

U okviru poglavlja 3 opisane su Geološke karakteristike ispitivanog područja. Ukratko je opisan nastanak Aleksinačkog basena i prikazana je geološka građa Aleksinačkog ležišta. Dat je litološki stub ispitivanog područja, kao i detaljan opis povlatnog sloja bloka „Dubrava“ iz kojeg potiču ispitivani uzorci bituminoznih laporaca i uljnih šejlova u okviru ove teze.

U poglavlju Plan i cilj istraživanja jasno su definisani zadaci i ciljevi rada na doktorskoj disertaciji i iznesen je plan rada.

U poglavlju Ekperimentalni deo kandidat je detaljno opisao sve materijale i primenjene analitičke instrumentalne tehnike za ispitivanje neorganskog i organskog dela uljnih šejlova. Navedeni su uslovi pod kojima su eksperimenti i analize rađene, kao i referentni uzorci koji su korišćeni za kalibraciju instrumenata. Semi-kvantitativni sastav mineralnog dela određen je rendgenskom difraktometrijskom analizom (XRD), a sadržaj makro-, mikroelemenata i elemenata retkih zemalja indukovanom kuplovanom plazmom sa optičkom emisionom spektrometrijom (ICP-OES) i indukovanom kuplovanom plazmom sa masenom spektrometrijom (ICP-MS).

Opšte karakteristike organske supstance određene su na osnovu organsko-geohemijskih parametra dobijenih elementarnom analizom i Rock-Eval pirolizom. Rastvorna organska supstanca izolovana je ekstrakcijom po Soksletu (Soxhletu), iz koje su potom izolovani zasićeni i aromatični ugljovodonici klasičnim organsko-geohemijskim metodama izolovanja, hromatografijom na stubu adsorbensa. Za analizu biomarkera i aromatičnih jedinjenja primenjena je gasnohromatografsko-masenospektrometrijska (GC-MS) tehnika. Naftno-gasni potencijal proučavan je Rock-Eval pirolizom, termogravimetrijskom analizom (TGA), pirolizom u otvorenom (protočnom) i zatvorenom (autoklav) sistemu.

Poglavlje Rezultati i diskusija podeljeno je u dve celine u kojima su sistematski izloženi i detaljno prodiskutovani rezultati ove teze. Svaka od ove dve celine sadrži i nekoliko odeljaka.

Prva celina odnosi se na geohemijsku karakterizaciju sedimentnih stena povlatnog sloja bloka Dubrava Aleksinačkog ležišta, što podrazumeva određivanje raspodele, količine, kvaliteta, porekla i zrelosti organske supstance, kao i procenu uslova sredine sedimentacije. Određivanje količine, kvaliteta i porekla organske supstance je bitno jer od njih zavisi naftno-gasni potencijal uljnih šejlova. Ispitivanja organske supstance pokazala su da je ona u značajnoj meri očuvana, formirana pretežno od algalnih prekursorskih organizama sa nevelikim primesama viših kopnenih biljaka, staložena u redukcionim uslovima i da je na niskom stepenu maturanosti. Organska supstanca većine analiziranih uzoraka pretežno sadrži kerogen tipa I i/ili tipa II. Ovi tipovi kerogena imaju visok sadržaj vodonika i stoga imaju visok potencijal za generisanje tečnih ugljovodonika. Razlike u organsko-geohemijskim i mineraloškim karakteristikama ispitivanih uljnih šejlova pokazale su da su se uslovi u sedimentacionoj sredini tokom vremena menjali, što se odrazilo i na raspodelu mikroelementa. Poznavanje sadržaja i distribucije mikroelemenata u uljnim šejlovima je bitno jer tokom eksploatacije i upotrebe, u zavisnosti od primenjene tehnologije, može doći do njihove mobilizacije i koncentrovanja, te otpuštanja u životnu sredinu i ispoljavanja negativnog uticaja na živi svet.

U drugoj celini poglavlja Rezultati i diskusija prikazani su rezultati proučavanja naftno-gasnog potencijala uljnih šejlova povlatnog sloja ležišta Dubrava različitim tehnikama pirolize. U tom smislu, procenjivan je i uticaj količine i tipa kerogena na generisanje „sintetičke nafte” u različitim pirolitičkim sistemima. Urađena je i uporedna analiza rezultata dobijenih različitim pirolitičkim tehnikama. Parametri dobijeni Rock-Eval pirolizom korišćeni su za određivanje naftno-gasnog potencijala ispitivanih sedimentnih stena. Termogravimetrijska analiza primenjena je za praćenje termičkog ponašanja organske supstance ispitivanih sedimenata. Pet uzoraka koji su pokazali najveći ugljovodonični potencijal na osnovu Rock-Eval pirolize i termogravimetrijske analize korišćeni su za eksperimente pirolize u otvorenom (protočnom) i zatvorenom (autoklav) sistemu. Ove tehnike su primenjene da bi se odredili prinosi proizvoda pirolize, sagledali uslovi za dobijanje visokih prinosa „sintetičke nafte”, i da bi se odredio grupni i molekularni sastav dobijene „sintetičke nafte”. Molekularni sastav sintetičke nafte određen je za dva uzorka sa najvećim potencijalom. Primenjena je gasno hromatografsko-maseno spektrometrijska (GC-MS) tehnika za analizu zasićene frakcije (*n*-alkani, izoprenoidni alifatični alkani, *n*-alkeni, policiklični alkani tipa sterana i tipa terpana) i aromatične frakcije (metil-, dimetil- i trimetil-naftaleni, fenantren, antracen, metil-, dimetil- i trimetilfenantreni, kadaleni, dibenzotiofen, alkilbenzeni, dibenzofuran, metildibenzofuran, fluoranten, piren, hrizen, metilfluoranteni, metilpireni, fluoren i njegovi metil- i dimetil- derivati, fenilnaftaleni,

benzofluoranten, benzopiren, benzo[a]antracen, benzo[c]fenantren, metilhrizen, metiltrifenilen, indeno[1,2,3-cd]piren i benzo[ghi]perilen).

U poglavlju Zaključci kandidat je sistematski rezimirao zaključke koji su proistekli iz rezultata ove doktorske disertacije.

Navedena Literatura obuhvata 300 referenci iz oblasti istraživanja, čime su literaturno pokriveni svi delovi disertacije.

B. Kratak opis postignutih rezultata

Ova doktorska disertacija sastoji se od dve jasno definisane celine.

U prvom delu ove teze određene su geohemijske karakteristike ispitivanih sedimenata povlatnog sloja Aleksinačkog ležišta (blok Dubrava). Srednja vrednost sadržaja ukupnog organskog ugljenika u ispitivanim uzorcima iznosi 6,79 %. Većina ispitivanih uzoraka sadrži pretežno kerogen tipa I i/ili II. Jedino tri uzorka bituminoznih laporaca karakteriše veća zastupljenost kerogena tipa II sa izvesnim udelom kerogena tipa III. Raspodele i obilnosti *n*-alkana, izoprenoida, sterana, terpana, ketona i metil-estera masnih kiselina, kao i parametri izračunati na osnovu njih, zajedno sa Rock-Eval rezultatima ukazuju na značajan doprinos vodenih organizama kao što su zelene alge (npr. *Botryococcus braunii* race A), braon alge i bakterije, i manje učešće viših kopnenih biljaka u organskoj supstanci ispitivanih uzoraka. Takođe, raspodele biomarkera ukazuju i na značajne razlike između uzorka D16 i ostalih uzoraka D1–D15. Na osnovu vrednosti steranskih, tepanskih, naftalenskih, fenantrenskih i Rock-Eval maturacionih parametara utvrđeno je da je organska supstanca ispitivanih uzoraka nezrela i odgovara refleksiji vitrinita $\sim 0,40$ % (na osnovu steranskog maturacionog odnosa, $R_c = 0,49 \times C_{29} \alpha\alpha\alpha / 20S/20R + 0,33$) i $\sim 0,60$ % (na osnovu fenantrenskog maturacionog odnosa $R_c = 0,6 \times MPI1 + 0,37$). Organska supstanca ispitivanih uzoraka taložena je u redukcionalnoj alkalnoj brakično-slatvododnoj jezerskoj sredini, pod toplim klimatskim uslovima. Taloženje uljnih šejlova bogatih organskom supstancom, predstavljeni uzorkom D16, počelo je u plitkoj mirnoj karbonatno brakično alkalnoj sredini kao rezultat intenzivnih tektonskih kretanja koja su se dešavala tokom donjeg miocena, i koja su verovatno prouzrokovala regionalno smicanje ispitivane oblasti uzrokujući promene u depozicionoj sredini. Regionalno smicanje verovatno je uticalo na površinu morskog puta Paratetisa, i uzrokovalo je nagli priliv morske vode u depozicionu sredinu. Kasnije promene verovatno su takođe bile izazvane tektonskim kretanjima i dovele su do priliva slatke vode bogate

nutrijentima zajedno sa prinosom klastičnog materijala. Prilivom slatke vode bogate nutrijentima omogućena je velika bioprodukcija što je dovelo do formiranja sedimenata bogatih algalnom organskom supstancom. Pored toga, prilivom vode došlo je do porasta vodenog stuba, a njegovom stratifikacijom nastali su anoksični uslovi koji su pogodovali očuvanju organske supstance. Transport klastičnog materijala u basen doveo je brže sedimentacije organske supstance, koja je s jedne strane doprinela očuvanju organske supstance, ali s druge strane, njenom „razblaženju”, što je dovelo do smanjenja sadržaja organskog ugljenika u ispitivanim sedimentima. Uzorak D16 se razlikuje i po sadržaju makroelemenata, mikroelemenata i mineralnog sastava u odnosu na uzorke D1–D15.

U drugom delu teze proučavan je naftno gasni potencijal. Na osnovu Rock-Eval podataka zaključeno je da većina analiziranih uzoraka ima $TOC > 5 \%$, što se smatra donjom granicom da bi uljni šejlovi bili od ekonomskog interesa za retortovanje. Uzorci sadrže kerogen tipa I i/ili II koji je bogat vodonikom te stoga ima visok potencijal za produkciju nafte. Samo tri uzorka bituminoznih laporaca D4, D6 i D7 imaju $TOC < 2 \%$ i sadrže kerogen tipa II sa izvesnim učešćem kerogena tipa III koji pretežno daje gas, što ih čini nepogodnim za procese retortovanja. U analiziranim uzorcima TOC sadrži uglavnom prirolizabilne ugljovodonike, sa srednjom vrednošću PC $\sim 60 \%$, ukazujući da uzorci imaju visok potencijal za generisanje tečnih ugljovodonika tj. nafte. Analizom pet uzoraka sa najvišim potencijalom, D16, D13, D10, D15 i D2 (na osnovu Rock-Eval i TG analize), utvrđeno je da se u poređenju sa zatvorenim sistemom veći prinosi „sintetičke nafte” dobijaju u otvorenom sistemu pirolize. Prinosi ugljovodonika u pirolizatima iz otvorenog sistema odgovaraju vrednostima matičnih stena sa odličnim potencijalom što je očekivano za uljne šejlove, dok u pirolizatima iz zatvorenog sistema ukazuju na vrlo dobar potencijal. Dobijeni rezultati pokazuju da u otvorenom sistemu pirolize količina organske supstance (TOC) ima veći uticaj na generisanje „sintetičke nafte” nego tip kerogena (HI). S druge strane, u zatvorenom sistemu pirolize je obrnuta situacija, tako da tip kerogena ima značajniji uticaj na konverziju uljnih šejlova u „sintetičku naftu”. Sastav dobijene „sintetičke nafte” ima određene nepoželjne karakteristike, zbog relativno većeg sadržaja olefinskih ugljovodonika (otvoren sistem) i polarnih jedinjenja (zatvoren sistem). To može zahtevati dodatni tretman pre upotrebe, što poskupljuje proces dobijanja. Na osnovu steranskih, terpanskih, naftalenskih i fenantrenskih maturacionih parametara, u pirolizatima iz zatvorenog sistema može se zaključiti da je veštačkom maturacijom u zatvorenom sistemu dostignuta faza rane katageneze (odgovara refleksiji vitrinita $\sim 0,84 \%$ ($R_c = 0,49 \times C_{29} \alpha\alpha\alpha$ $20S/20R + 0,33$) i $\sim 0,73 \%$ ($R_c = 0,6 \times MPII + 0,37$)).

C. Usporedna analiza rezultata kandidata sa rezultatima iz literature

Ispitivanja uljnih šejlova su predmet geohemijskih ispitivanja pre svega zbog činjenice da tehnološkom preradom mogu dati tečne i gasovite ugljovodonike. Njihova potencijalna primena, kao energetske sirovine, u prvom redu zavisi od kvaliteta organske supstance. Kriterijumi za ocenu kvaliteta uljnih šejlova kao energetskih sirovina razrađeni su, mada ne u potpunosti. Ekonomičnost njihove eksploatacije i prerade zavisi i od geneze, sadržaja i tipa organske supstance, kao i od količine i kvaliteta „sintetičke nafte” koja se dobije pirolizom.

Industrija prerade uljnih šejlova je vrlo stara jer su oni od davnina privlačili pažnju. Piroliza tj. retortovanje predstavlja osnovnu metodu za korišćenje uljnih šejlova. Smetnje u preradi uljnih šejlova predstavljaju ekonomski faktori, ali u današnje vreme i ekološko-tehnološki standardi. Da bi prerada uljnih šejlova bila ekonomski isplativa i ekološki prihvatljiva, a u isto vreme da bi dobijena „sintetička nafta” mogla konkurisati ceni sirove nafte, neophodni su novi tehnološki postupci prerade ili viša cena nafte. Fundamentalna istraživanja procesa pirolize u laboratorijskim uslovima su neophodna da bi se odredio naftno-gasni potencijal, predvidelo termičko ponašanje uljnih šejlova i odredio prinos i sastav proizvoda pirolize u cilju mogućeg kasnijeg dizajniranja efikasnog pirolitičkog reaktora za industrijsku primenu. Postoje različiti tipovi piroliza koji se koriste u laboratorijskim uslovima za proučavanje naftno-gasnog potencijala. Mogu se izvoditi u zatvorenom sistemu (autoklav, Au kapsula, hidrogenopiroliza, hidropiroliza, mikrotalasna piroliza) i otvorenom sistemu pirolize (protočni sistem, Rock-Eval piroliza, termogravimetrijska analiza, piroliza po Fisheru, fleš piroliza, laserska mikropiroliza).

Aleksinačko ležište je naše najveće ležište uljnih šejlova i ima najveći ekonomski značaj. Istraživanjima u okviru ove disertacije po prvi put detaljno je geohemijski okarakterisan povlatni sloj uljnih šejlova (blok Dubrava), koji je znatno deblji i pristupačniji i na taj način lakši za eksploataciju i preradu. Određene su opšte karakteristike organske supstance, kvalitet, poreklo, maturisanost, sredina sedimentacije i sadržaj mikroelemenata kao potencijalnih zagađujućih sustanci. U okviru ove disertacije naftno-gasni potencijal uljnih šejlova povlatnog sloja Aleksinačkog ležišta (blok „Dubrava“) proučavan je različitim pirolitičkim tehnikama (Rock-Eval piroliza, TG analiza, piroliza u otvorenom i piroliza u zatvorenom sistemu). Sagledavano je termičko ponašanje ispitivanih uljnih šejlova i uticaj količine i tipa kerogena na generisanje „sintetičke nafte”. Pored toga, urađena je i uporedna analiza rezultata dobijenih različitim pirolitičkim tehnikama.

Na osnovu izloženog, može se zaključiti da se istraživanja izvedena u okviru ove doktorske teze potpuno uklapaju u trendove moderne organske geochemije. Možda najbolji dokaz o aktuelnosti ovih istraživanja predstavlja činjenica da je kandidat sa rezultatima iz ove doktorske disertacije objavio rad u vodećem časopisu iz ove oblasti *Oil Shale*.

D. Objavljeni i saopšteni radovi koji čine deo disertacije

Rezultati istraživanja proistekli iz ove doktorske disertacije objavljeni su u jednom radu štampanom u istaknutom međunarodnom časopisu (časopis kategorije M₂₂), u jednom radu štampanom u međunarodnom časopisu (časopis kategorije M₂₃). U oba rada kandidat je prvi autor i autor za korespondenciju. Pored toga iz teze su saopštena tri rada na skupu međunarodnog značaja štampana u izvodu (M₃₄).

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M₂₂)

Gajica, G., Šajnović, A., Stojanović, K., Kostić, A., Slipper, I., Antonijević, M., Nytoft, H.P., Jovančićević, B., 2017. Organic geochemical study of the upper layer of Aleksinac oil shale in the Dubrava block, Serbia. *Oil Shale* **34**, 197–218, Engineering, Petroleum (9/21), IF₂₀₁₆ = 0,956. ISSN: 0208-189X. Publisher: Estonian Academy Publishers.
http://www.kirj.ee/public/oilshale_pdf/2017/issue_3/Oil_Shale-2017-3-197-218.pdf

Rad u međunarodnom časopisu (M₂₃)

Gajica, G., Šajnović, A., Stojanović, K., Antonijević, M., Aleksić, N., Jovančićević, B., 2017. The influence of pyrolysis type on shale oil generation and its composition (Upper layer of Aleksinac oil shale, Serbia). *Journal of the Serbian Chemical Society*, DOI: <https://doi.org/10.2298/JSC170421064G>. Chemistry, Multidisciplinary (131/166); IF₂₀₁₆ = 0,822. ISSN: 0352-5139. Publisher: Srpsko hemijsko društvo.
<http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2017%20OnLine-First/035251391700064G.pdf>

Saopštenja na naučnom skupu međunarodnog značaja štampano u izvodu (M₃₄)

Gajica, G., Stojanović, K., Jovančićević, B., Šajnović, A., Kostić, A., Pyrolysis of oil shale and bituminous marlstone kerogens in an open system - influence of temperature on the yield

and composition of liquid pyrolysates. 15th Annual conference YUCOMAT 2013, Herceg Novi, Montenegro, September 2-6, 2013, Book of Abstracts pp.90

Jovančićević B., **Gajica G.**, Stojanović K., Šajnović K. (2014) Pyrolysis of coal and oil shale – ecochemical restrictions. 7th international conference: Science and higher education in function of sustainable development, SED 2014. Užice, Serbia, October 3-4, 2014, CD 4–6.

Gajica G., Kašanin-Grubin M., Šajnović A., Stojanović K., Kostić A., Jovančićević B. Organic geochemical characterization of Aleksinac oil shale deposit (Serbia). EGU General Assembly 2016, EGU2016, Vienna, Austria, April 18 – 22, 2016, Vol. 18, EGU2016–965–1.

Pored publikacija koje su proistekle iz doktorske teze, kandidat je koautor i na tri rada koji su štampani u časopisima kategorije M₂₃. Oni takođe pripadaju oblasti istraživanja organske geohemije.

E. Zaključak

Komisija je na osnovu detaljnog pregleda doktorske teze **Gordane Đ. Gajice**, pod naslovom: **Proučavanje naftno-gasnog potencijala povlatnog sloja uljnih šejlova ležišta „Aleksinac”**, zaključila da je kandidat odgovorio na postavljene zadatke i ciljeve.

U okviru ove teze ispitivani su uzorci uljnih šejlova i bituminoznih laporaca koji potiču iz povlatnog sloja Aleksinačkog ležišta (blok “Dubrava”). Aleksinačko ležište je naše najveće, najbogatije i najviše ispitivano ležište uljnih šejlova. Procenjene potencijalne rezerve uljnih šejlova u Srbiji iznose oko 5 milijardi tona, dok su resursi Aleksinačkog uljnih šejlova 2,1 milijarda tona. Po dosadašnjim rezultatima geohemijskih istraživanja i tehnologija prerade procenjuje se da se iz uljnih šejlova Aleksinačkog ležišta u dužem vremenskom periodu može dobiti „sintetička nafta” u količini koja odgovara procenjenim otkrivenim rezervama nafte u Srbiji. To ih čini dobrim potencijalnim izvorom nafte. Istraživanjima u okviru ove disertacije po prvi put detaljno je geohemijski okarakterisan povlatni sloj uljnih šejlova, koji je znatno deblji i pristupačniji te lakši za eksploataciju i preradu.

Ispitivanja organske supstance pokazala su da je ona u značajnoj meri očuvana, formirana pretežno od algalnih prekursorskih organizama sa izvesnim primesama viših kopnenih biljaka, staložena u redukcionim uslovima i da je na niskom stepenu maturanosti. Organska supstanca većine analiziranih uzoraka pretežno je sačinjena od kerogena tipa I i/ili tipa II. Ovi tipovi kerogena imaju veliki sadržaj vodonika i stoga imaju visok potencijal za

generisanje tečnih ugljovodonika. Prinosi ugljovodonika u pirolizatima iz otvorenog sistema odgovaraju vrednostima matičnih stena sa odličnim potencijalom, dok u pirolizatima iz zatvorenog sistema ukazuju na vrlo dobar potencijal. Dobijeni rezultati pokazuju da u otvorenom sistemu pirolize količina organske supstance (TOC) ima veći uticaj na generisanje „sintetičke nafte” nego tip kerogena (HI). S druge strane, u zatvorenom sistemu pirolize situacija je obrnuta. Tip kerogena ima značajniji uticaj na konverziju uljnih šejlova u „sintetičku naftu” samo u pirolitičkim uslovima kojima se intenzivnije simuliraju maturacione promene organske supstance. Sastav dobijene „sintetičke nafte” ima određene nepoželjne karakteristike, zbog relativno većeg sadržaja olefinskih ugljovodonika (otvoren sistem) i polarnih jedinjenja (zatvoren sistem). To može zahtevati dodatni tretman pre upotrebe, što poskupljuje proces dobijanja.

Rezultati proistekli iz ove doktorske disertacije mogu imati značajnu primenu u istraživanjima vezanim za sagledavanje isplativosti korišćenja uljnih šejlova povlatnog sloja Aleksinačkog ležišta postupcima retortovanja, kao i za funtamentalna istraživanja koja se odnose na pirolitičke eksperimente uljnih šejlova u laboratorijskim uslovima.

Rezultati istraživanja proistekli iz ove doktorske disertacije objavljeni su u jednom radu štampanom istaknutom međunarodnom časopisu (časopis kategorije M₂₂), u jednom radu štampanom u međunarodnom časopisu (časopis kategorije M₂₃), i u tri saopštenja na skupu međunarodnog značaja štampanom u izvodu (M₃₄).

Komisija smatra da rezultati ove doktorske disertacije predstavljaju značajan naučni doprinos u oblasti organske geohemije i da se u potpunosti uklapaju u savremene trendove ove naučne discipline.

Na osnovu svega izloženog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu da podnetu doktorsku disertaciju **Gordane Đ. Gajice**, pod naslovom: **Proučavanje naftno-gasnog potencijala povlatnog sloja uljnih šejlova ležišta „Aleksinac”**, prihvati i odobri njenu odbranu.

Komisija:

dr Branimir Jovančičević, redovni profesor
Hemijskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu
mentor

dr Ksenija Stojanović, vanredni profesor
Hemijskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu,

dr Aleksandar Kostić, redovni profesor
Rudarsko-geološkog fakulteta
Univerziteta u Beogradu,

dr Aleksandra Šajnović, viši naučni saradnik
Centra za hemiju
Instituta za hemiju, tehnologiju i metalurgiju
Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu,
08. 12. 2017. godine