

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETU
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj 14.03.2011. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata mr Slavka Smiljanića, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: "Proučavanje tretmana, fizičko-hemijskih svojstava crvenog mulja i parametara sorpcije na efikasnost uklanjanja jona nikla iz vodenih rastvora". Posle pregleda i analize dostavljenog materijala, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

Slavko Smiljanić rođen je 29.09.1973. god. u Loznici. Osnovnu školu završio je u Malom Zvorniku, a srednju u Zvorniku. Diplomirao je na Tehnološkom fakultetu u Zvorniku, 2000. god. sa prosečnom ocenom 8,41 i ocenom 10 na diplomskom ispitu.

Po završetku studija radio je u privredi na poslovima pripreme i kontrole procesa proizvodnje i na poslovima uvođenja sistema kvaliteta JUS ISO 9002.

Postdiplomske studije završio je na Tehnološko metalurškom fakultetu u Beogradu (smer „Inženjerstvo zaštite životne sredine“) sa prosečnom ocenom 9,88. Magistarsku tezu pod nazivom „Uticaj komunalnih otpadnih voda Malog Zvornika na reku Drinu i predlog najpovoljnijeg rešenja njihovog tretmana“, odbranio je 2008. godine, pod mentorstvom Prof. dr Dušana Antonovića, čime je stekao VII2 stepen stručne spreme i akademski naziv magistar tehničkih nauka.

Od 2003 godine zaposlen je na Tehnološkom fakultetu u Zvorniku, kao asistent na predmetima: „Analiza zagađivača tla, vode i vazduha“ i „Tehnologija vode“. Nakon završetka magistarskih studija biran je u zvanje višeg asistenta za užu naučnu oblast „Ekološko inženjerstvo“, na Univerzitetu u Istočnom Sarajevu.

Osim angažovanosti u izvođenju nastave, učestvovao je kao saradnik u izradi više studija i elaborata, kao i nekoliko projekata koji su realizovani od strane Tehnološkog fakulteta. Tematika ovih aktivnosti obuhvatala je: određivanje ekvivalentnog broja stanovnika otpadnih voda, uticaj primarne prerade drveta na životnu sredinu, rešavanje problema čvrstog komunalnog otpada, izrada elaborata potrebnih za dobijanje ekološke dozvole: (planovi aktivnosti sa merama i rokovima za smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu, dokazi uz zahtev za izdavanje ekološke dozvole), monitorinzi zagađivača vode i vazduha, studije uticaja na životnu sredinu i dr.

Do sada je objavio 2 rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), 5 radova u časopisima nacionalnog značaja (M52), 13 radova saopštenih na skupovima međunarodnog značaja štampana u celini (M33), dva rada saopštena na skupu međunarodnog značaja štampan u izvodu (M34).

1.1. Spisak objavljenih radova koji opredeljuju afinitet kandidata za rad na predloženoj temi:

Radovi objavljeni u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), ISSN: 1385-8947, Impakt faktor: 2,816:

1. **S. Smiljanić**, I. Smičiklas, A. Perić-Grujić, B. Lončar, M. Mitrić, Rinsed and thermally treated red mud sorbents for aqueous Ni^{2+} ions, Chem. Eng. J. 162 (2010) 75-83.
2. **S. Smiljanić**, I. Smičiklas, A. Perić-Grujić, M. Šljivić, B. Đukić, B. Lončar, Study of factors affecting Ni^{2+} immobilization efficiency by temperature activated red mud, Chem. Eng. J. 168 (2011) 610-619.

Radovi objavljeni u časopisu nacionalnog značaja (M52):

1. V. Mičić, Ž. Lepojević, M. Jotanović, G. Tadić, **S. Smiljanić**, Uticaj parametara procesa na ekstrakciju sa superkritičnim ugljendioksidom, Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske 1 (2009) 77-83.
2. B. Pejović, V. Mičić, M. Perušić, G. Tadić, **S. Smiljanić**, A function property of polytrophic process with aspect of tangent construction, Journal of Engineering & Processing Management Vol. 1 No.1 (2009) 24-34.
3. B. Đukić, **S. Smiljanić**, B. Stojanović, N. Stojanović, Uticaj stepena ugušćenja na rad rashladnog sistema, Zaštita materijala 51(4) (2010) 250-254.
4. B. Đukić, **S. Smiljanić**, Korekcija parametara penila za gašenje požara, Zaštita u praksi 196 (2010) 48-51.
5. B. Đukić, **S. Smiljanić**, D. Jovanović, Regeneracija penila za gašenje požara, Zaštite u praksi 197 (2011) 65-68.

Radovi objavljeni u zborniku međunarodnog naučnog skupa štampani u celini (M 33):

1. B. Pejović, **S. Smiljanić**, P. Dakić, Utvrđivanje merodavne aproksimativne matematičke funkcije kod istraživanja funkcija obradljivosti, grafičkom metodom, VII međunarodni naučno-stručni skup „DEMI“, Banja Luka, 27. i 28. maj 2005 god. Zbornik radova, strana: 261 – 264.
2. D. Lazić, J. Đuković, M. Jotanović, Lj. Vasiljević, **S. Smiljanić**, M. Jeremić, Ispitivanje uticaja primarne prerade drveta na površinske i podzemne vode, VI Naučno/stručni simpozij sa međunarodnim učešćem „Metali i nemetalni anorganski materijali“ Zenica, BiH, 27. – 28. april 2006, Zbornik radova, strana: 567 – 571.
3. B. Pejović, **S. Smiljanić**, P. Dakić, O jednom modelu za proračun zavojnih vretena alatnih mašina na izvijanje, Naučno-stručni skup „Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i sistema, IRMES '06“ Banjaluka – Mrakovica, 21. i 22. septembar 2006. god. Zbornik radova, strana: 151 – 156.
4. B. Pejović, M. Tomić, G. Tadić, V. Mičić, **S. Smiljanić**, O nekim prilazima ublažavanju buke i vibracija kod alatnih mašina, IV naučno-stručno savjetovanje iz oblasti rudarstva, Trebinje 24. – 26.10.2007. god. Zbornik radova, strana: 68 – 75.
5. **S. Smiljanić**, V. Mičić, G. Tadić, M. Tomić, B. Pejović, Uticaj bušenja i miniranja na pojavu prašine u atmosferi površinskog kopa, IV naučno-stručno savjetovanje iz oblasti rudarstva, Trebinje 24. – 26.10.2007. god. Zbornik radova, strana: 86 – 99.
6. **S. Smiljanić**, V. Mičić, M. Tomić, Lj. Vasiljević, J. Đuković, Primena membranskih separacija u obradi vode, Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem „Savremene tehnologije za održivi razvoj gradova“, Banja Luka, 14. – 15. novembar. 2008. god. Zbornik radova, strana: 421 – 429.
7. V. Mičić, Ž. Lepojević, M. Jotanović, G. Tadić, **S. Smiljanić**, Ispitivanje uticaja protoka rastvarača u CO₂ ekstrakciji žalfije, XLVII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 21. mart 2008. Zbornik radova, strana: 108 - 111.
8. B. Pejović, D. Novaković, V. Mičić, M. Jotanović, M. Tomić, **S. Smiljanić**, Ž. Zeljković, Savremeni ekološki aspekti grafičkog otpada, Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem „Savremene tehnologije za održivi razvoj gradova“, Banja Luka, 14. – 15. novembar. 2008. Zbornik radova, strana: 533 – 538.
9. V. Mičić, Ž. Lepojević, M. Jotanović, **S. Smiljanić**, Ekstrakcija izopa superkritičnim ugljendioksidom, Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske – Naučni skup „Savremeni materijali“, Banja Luka, 3. – 4. jul 2010. Ybornik radova, strana: 473 – 484.
10. J. Đuković, M. Jotanović, A. Gajić, B. Stojanović, **S. Smiljanić**, Gips iz procesa odsumporavanja u Termoelektrani Ugljevik, nastanak i moguća upotreba, XII „YUCORR international Conference“, Tara, 18. – 21.05.2010.
11. B. Đukić, D. Jovanović, **S. Smiljanić**, Ekološki i ekonomski aspekti regeneracije pjenila, Međunarodna naučna konferencija „Bezbednosni inženjering“, Novi Sad, 2010.
12. B. Stojanović, B. Đukić, N. Stojanović, **S. Smiljanić**, Korozija i zaštita rashladnog sistema od korozije, I Međunarodna konferencija „Termoenergetika i održivi razvoj“, Ugljevik. 2010.
13. B. Đukić, **S. Smiljanić**, M. Tomić, A. Došić, Nove metode u pripremi vode za industriju i energetiku, II Međunarodni kongres „Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji“, Jahorina 9. – 11. mart 2011. god. Zbornik radova, strana: 813 – 830.

Radovi objavljeni u zborniku međunarodnog naučnog skupa štampani u izvodu (M 34):

1. M. Drobnyak, M. Gligorić, J. Đuković, D. Lazić, **S. Smiljanić**, Investigation of quality, stability and possibility for bottling oligomineral hiperthermal water, 5th International conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries, Ohrid, September 10-14, 2006. Book of Abstract, Vol. I, page 61.
2. V. Mičić, Ž. Lepojević, M. Jotanović, **S. Smiljanić**, Određivanje vrijednosti koeficijenta unutrašnje difuzije za ekstrakcioni sistem žalfija-superkritični CO₂, „VIII Simpozijum Savremene tehnologije i razvoja“, Leskovac, 23. – 24. oktobar 2009, Zbornik radova, strana 135.

Projekti, studije i elaborati (naveden je samo deo):

1. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za AD Fabrika glinice „Birač“ Zvornik“, Novembar 2003. god.
2. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za ZDP „Rudnik i termoelektrana“ – Ugljevik“. Novembar 2004. god.
3. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za „GRADSKA TOPLANA“ Doboj“. Februar 2005. god.
4. „Stručno mišljenje o Aditivu za tečna goriva F.O.E. 32 (West Power) proizvođača Vestal International, St. Louis, Mo., USA“. Mart 2005. god.
5. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za „Vitinka“ a.d. Kozluk“. April 2005. god.
6. „Ispitivanje uticaja primarne prerade drveta (pilane, brente) na površinske i podzemne vode i prijedlog metodologije određivanja realne vrijednosti EBS-a“, Zvornik, Maj, 2005 god.
7. „Solving the problem of municipal solid waste in the municipalities of north-eastern Bosnia and Herzegovina“, 2006, projekat finansiran od strane Evropske Unije.
8. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za A.D. „ALPRO“ Vlasenica“. Avgust 2007. god.
9. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za D.O.O. „Studen - Prom“ Zvornik. Novembar 2007. god.
10. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za A.D. Fabrika mineralne vode i bezalkoholnih pića „VITINKA“ Kozluk“, R.J. punionica prirodne vode „VIVIA“ Raševo. April 2008. god.
11. „Određivanje ekvivalentnog broja stanovnika (EBS) metodom mjerenja stepena zagađenja otpadne vode za A.D. Fabrika mineralne vode i bezalkoholnih pića „VITINKA“ Kozluk. Maj 2008. god.
12. Istraživanje interakcija sumpor-vodonika u oligomineralnim hipertermalnim vodama i metoda njegovog izdvajanja, Projekat finansiran od Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srpske 2008.
13. Istraživanje mogućnosti eksploatacije i flaširanje prirodne izvorske vode Pribituv, opština Berkovići, Projekat finansiran od Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srpske, u toku.

1.2. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu biografskih podataka, podataka o magistraturi, spiska objavljenih radova i dosadašnjeg rada sa kandidatom, Komisija ocenjuje da je kandidat dobar za rad na predloženoj temi.

2. Predmet i cilj istraživanja

Crveni mulj je otpadni produkt, koji nastaje pri proizvodnji glinice iz boksita po Bayerovom postupku. Procenjeno je da je globalna količina crvenog mulja u 2007. godini iznosila 2,7 milijardi tona i da raste za 119 miliona tona godišnje, tako da se može očekivati da će ukupna količina uskladištenog crvenog mulja na planeti iznositi 4 milijarde tona verovatno pre 2015. godine [CSIRO document DMR-3608 (2009) 1–49].

Najvažnija prepreka za remedijaciju, ponovno korišćenje i dugoročnu održivost upravljanja crvenim muljem je njegov visok alkalitet. Odlaganje tako velike količine ovog alkalnog otpadnog mulja je skupo (do 1–2 % od cene glinice), s obzirom da ono zahteva veliki prostor za odlaganje i prouzrokuje nekoliko ekoloških problema [Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects 146 (1–3) (1999) 359–374]. Neutralizacija crvenog mulja i njegov adekvatan tretman dopuštaju njegovu ponovnu upotrebu i čine je realistično pogodnim korakom za dispoziciju ovog industrijskog ostada [J. Hazard. Mater. 117 (1) (2005) 55–63].

Hemijski i mineraloški sastav crvenog mulja zavise od karakteristika prerađivane boksitne rude. I ako oksidi gvožđa predstavljaju glavnu komponentu otpadnog crvenog mulja, u njegovom sastavu može se naći i preko 20 minerala. Najvažnije mineralne frakcije koje nastaju kao rezultat prerade ruda bemitnog tipa su: hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), getit ($\alpha\text{-FeOOH}$), bemit ($\gamma\text{-AlOOH}$), kvarc (SiO_2), titan oksid (TiO_2), sodalit ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$) ili kankrinit ($\text{Na}_6\text{Ca}_{15}\text{Al}_6\text{O}_{24}(\text{CO}_3)_{1,6}$), a pored navedenih komponenti crveni mulj obično sadrži i mnoge rezidualne minerale i desetine elementa u tragovima [Chemosphere 72 (2008) 1621–1635; Miner. Process. Extract. Metall. Rev. 26 (2005) 1–29; J. Geotechnical Geoenvironmental Eng. 132 (2006) 143–151; J. Therm. Anal. Cal. 90 (2007) 153–158].

Ovako raznorodan hemijski sastav otpadnog crvenog mulja upućuje na raznovrsne mogućnosti njegove potencijalne primene. Ovaj otpadni materijal može naći primenu u građevinskoj industriji, industriji keramike, u proizvodnji plastičnih masa i pigmenta, u procesima izdvajanja pojedinih metala, kao katalizator, u tretmanu otpadnih voda i dimnih gasova, kao adsorbens i koagulant, kao aditiv u poljoprivredi i dr [CSIRO document DMR-3609 (2009) 1–77; J. Hazard. Mater. 161 (2009) 474–478; J. Hazard. Mater. 157 (2008) 579–586; Appl. Catal. B 47 (2004) 37–45].

U prošloj deceniji sprovedena su intenzivna istraživanja primene crvenog mulja kao jeftinog nekonvencionalog sorbenta i koagulanta za tretman otpadnih voda, i dobijeni su povoljni rezultati u pogledu njegove upotrebe za uklanjanje jona teških metala [Chemosphere 72 (2008) 1621–1635; Wat. Res. 32 (1998) 1314–1322; Wat. Res. 32 (1998) 430–440; J. Hazard. Mater. B136 (2006) 324–329; Wat. Res. 35 (2001) 1125–1134; J. Trace Microprobe Tech. 19 (2001) 419–428; J. Trace Microprobe Tech. 20 (2002) 233–245; Environ. Sci. Technol. 36 (2002) 3612–3617; Sep. Purif. Technol. 57 (2007) 161–169] ali i drugih polutanata kao što su: radionuklidi [J. Nucl. Sci. & Technol. 32 (1995) 1008–1017], arsenati [J. Hazard. Mater. 152 (2008) 486–492; Wat. Res. 39 (2005) 2944–2954], fosfati [J. Hazard. Mater. 158 (2008) 35–42; J. Hazard. Mater. B137 (2006) 374–383], nitrati [Sep. Purif. Technol. 51 (2006) 374–378], fluoridi [J. Hazard. Mater. 164 (2009) 271–278; Sep. Purif. Technol. 28 (2002) 81–86], fenoli [J. Environ. Manage. 90 (2009) 1336–1349; J. Colloid Interface Sci. 300 (2006) 498–503], boje [Sep. Sci. Technol. 37 (2002) 2421–2431; Wat. Res. 39 (1) (2005) 129–138; J. Hazard. Mater. 138 (2006) 409–415], bakterije i virusi [Water Sci. Technol. 23 (1991) 261–270].

U cilju poboljšanja sorpcionih osobina sirovog crvenog mulja moguća je njegova aktivacija različitim postupcima obrade. Poznati postupci tretmana sirovog crvenog mulja su termička i kiselinjska aktivacija. Ovim postupcima mogu se povećati specifična površina, poroznost i broj aktivnih adsorpcionih mesta, a može se promeniti i njegov površinski naboj. Publikovano je da su termičkom aktivacijom crvenog mulja ostvarene poboljšane sorpcione karakteristike pri uklanjanju fosfata [J. Hazard. Mater. B137 (2006) 374–383; J. Environ. Sci. (China) 19 (2007) 66–70], kiselom aktivacijom pri uklanjanju boja [J. Hazard. Mater. 138 (2006) 409–415], a kiselom-termičkom aktivacijom crvenog mulja i bauxolTM-a (crvenog mulja neutralisanog morskom vodom) pri uklanjanju arsena [Waste Manage. 22 (2002) 357–363; Environ. Sci. Technol. 38 (2004) 2428–2434]. Slična istraživanja o uticaju tretmana crvenog mulja na uklanjanje jona teških metala u literaturi su oskudna, i ograničena na studiju o izdvajanju kadmijuma i cinka iz vodenih rastvora pomoću indijskog crvenog mulja tretiranog vodonik-peroksidom a potom žarenog na 500 °C [Environ. Sci. Technol. 36 (2002) 3612–3617].

Iako je publikovan veliki broj radova o mogućim primenama ovog otpada, još uvek nisu pronađena rešenja koja bi trajno rešila problem bezbednog odlaganja ili njegove ponovne upotrebe. Istraživačke napore otežava i raznovrsnost različitih uzoraka u pogledu hemijskog sastava i drugih fizičko-hemijskih svojstava.

Iako je nikel u malim količinama esencijalni mikroelement za ljude i životinje, mnoga medicinska istraživanja pokazuju da je Ni(II) jedan od najotrovnijih kontaminanata koji se sreću u životnoj sredini, a ispoljava i kancerogeno dejstvo [U.S. Department of Health and Human Services: Atlanta, Georgia, 2001; Sep. Sci. Technol. 43 (2008) 3221–3250]. To je tipičan predstavnik teških metala koji se široko primenjuje u industriji, a u životnu sredinu dospeva ispuštanjem otpada iz industrijskih procesa (pogona) kao što su:

prerada ruda, proizvodnja ili upotreba nikla, legura nikla ili njegovih jedinjenja, završna obrada metala, proizvodnja veštačkih đubriva, papira i boja, iz grafičke industrije, spaljivanja otpada, elektroprevlačenja itd. [Roskill Information Service (RIS), Roskill's metals databook, 15th Ed., (2000) London; J. Environ. Eng. 128 (2002) 716-722; Sep. Sci. Technol. 43 (2008) 1157-1173]. Propisi Evropske Unije ubrajaju nikl među supstance koje imaju štetan uticaj na vodene sisteme [Council Directive 2006/11/EC].

Konvencionalne metode za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda su: adsorpcija, koagulacija i flokulacija, precipitacija, jonska izmena, redukcija, ultrafiltracija, reverzna osmoza, ekstrakcija, elektrodijaliza i dr. [Chem. Eng. J. 118 (2006) 83-98; Recent. Pat. Chem. Eng. 1 (2008) 17-26].

U prošloj deceniji evidentni su naponi da se dobije jeftin i efikasan sorbent korišćenjem prirodnih i otpadnih materijala. Israživan je čitav niz nekonvencionalnih postupaka sorpcije nikla na različitim prirodnim i otpadnim materijalima kao što su: kora od pomorandže [J. Hazard. Mater. B79(2000)117-131], različite vrste glina [Sep. Sci. Technol. 43 (2008) 3221-3250; Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 302 (2007) 75-81], peteljke grožđa [J. Hazard. Mater. 152 (2008) 476-485; Wat. Res. 38 (2004) 992-1002; Solvent Extraction and Ion Exchange 26 (2008) 261-270], otpad od kafe [J. Hazard. Mater. 152 (2008) 476-485], alge i biomasa [Sep. Sci. Technol. 43 (2008) 1157-1173; Letters in Applied Microbiology 37 (2003) 149-153; J. Hazard. Mater. B108 (2004) 85-94; Process Biochem. 41 (2006) 853-859; Sep. Sci. Technol. 40 (2005) 1483-1495; J. Colloid Interface Sci. 342 (2010) 533-539], otpad čaja [J. Hazard. Mater. B127 (2005) 120-128; J. Hazard. Mater. B135 (2006) 328-336.], ljuska pirinča [International Conference on Energy and Environment, Chandigarh, India, march 19-21, 2009, pp. 228-234], ljuska badema [J. Hazard. Mater. B97 (2003) 49-57], otpad od maslina [Sep. Purif. Technol. 50 (2006) 132-140; Wat. Res. 32 (2) (1998) 498-502], životinjske kosti [Chemosphere, 39 (1999) 2087-2096], huminske kiseline [Energy Sources 29 (2007) 619-630], silika [J. Radioanal. Nucl. Chem. 268 (2006) 467-473], prirodni i veštački zeoliti [J. Coll. Int. Sci. 281 (2005) 424-431; Revista CENIC Ciencias Químicas, Vol. 36, No. Especial, 2005], leteći pepeo [Env. Tech. 14 (1993) 83-91; Energy Sources 30 (2008) 1153-1165], otpadni mulj iz reciklaže papira [J. Environ. Sci. Health, Part A. 41 (2006) 703-719.], mulj-pepeo [J. Env. Eng. 128 (2002) 716-722], crveni mulj i dr.

Primena crvenog mulja za uklanjanje jona nikla iz vodenih rastvora nije do sada detaljno izučavana. Publikovano je tek par radova koji se bave ovom problematikom [Wat. Res. Vol. 32. No. 4 (1998) 1314-1322; J. Trace Microprobe T. 19(3) (2001) 419-428; J. Chem. Tech. Biotechnol. 58 (1993) 95-101]. Bez obzira na veliki broj istraživanja koji razmatraju različite alternativne sorbente za uklanjanje nikla, mali broj radova je razmatrao i uticaj ometajućih jona prisutnih u rastvoru. Posebno naglašavamo da su u dostupnoj literaturi oskudna istraživanja primene termički aktiviranog crvenog mulja za uklanjanje teških metala [Res. 35 (5) (2001) 1125-1134; Environ. Sci. Technol. 36 (2002) 3612-3617], kao i da nisu publikovana istraživanja uticaja ometajućih jona na sorpciju teških metala na crvenom mulju. Zbog toga je ova tema veoma aktuelna, što potvrđuju i dva rada koje je autor objavio u vrhunskom međunarodnom časopisu [Chem. Eng. J. 162 (2010) 75-83; Chem. Eng. J. 168 (2011) 610-619], a u pripremi je još nekoliko radova.

U ovoj doktorskoj disertaciji biće proučavana mogućnost primene crvenog mulja iz fabrike glinice „Birač“ (Zvornik, Republika Srpska) u cilju uklanjanja teških metala iz vodenih rastvora. Crveni mulj sa ove lokacije do sada nije izučavan u ove svrhe. Zbog masovne upotrebe u raznim granama industrije i široke zastupljenosti u otpadnim vodama, nikl (Ni^{2+}) je selektovan kao tipični predstavnik teških metala. Poznavanje sorpcionih svojstava crvenog mulja prema jonima Ni^{2+} od velike je važnosti za hemiju životne sredine, zbog izučavanja procesa migracije jona metala u prirodi i pronalaženja tehnoloških rešenja za njihovu imobilizaciju. Izučavaće se zavisnost mehanizama i efikasnosti sorpcije od parametara procesa kao što su: pH, koncentracija sorbata i sorbenta, vreme kontakta, prisustvo drugih katjona, kao i organskih i neorganskih anjona. U cilju poboljšanja sorpcionih svojstava, crveni mulj biće obrađen različitim fizičko-hemijskim tretmanima i biće uspostavljena korelacija uslova tretmana, svojstava dobijenih prahova i imobilizacije jona Ni^{2+} .

Naučni cilj disertacije

Naučni ciljevi ove disertacije su:

- Ispitivanje fizičko-hemijskih svojstava crvenog mulja iz fabrike „Birač“;
- Ispitivanje mogućnosti primene ovog materijala u imobilizaciji jona Ni^{2+} šaržnim postupkom, pri različitim uslovima uravnotežavanja (inicijalno pH, koncentracija jona metala, količina sorbenta, vreme kontakta);
- Ispitivanje mogućnosti neutralizacije i aktivacije originalnog crvenog mulja (ispiranjem, kiselinskim i temperaturnim tretmanima) u svrhu dobijanja ekološki prihvatljivog sorbenta i poboljšanja njegovih sorpcionih svojstava;
- Korelacija uslova tretmana i fizičko-hemijskih svojstava dobijenih uzoraka sa sorpcijom jona Ni^{2+} iz vodenih rastvora i utvrđivanje optimalnih uslova tretmana;
- Ispitivanje uticaja koegzistentnih katjona i organskih i neorganskih anjona na efikasnost uklanjanja jona nikla iz vodenih rastvora;
- Utvrđivanje mehanizama sorpcije jona Ni^{2+} u zavisnosti od svojstava sorbenta i drugih uslova sorpcije;
- Ispitivanje stabilnosti imobilisanih jona Ni^{2+} u rastvorima različitog sastava i pH vrednosti.

3. Osnovne hipoteze od kojih se polazi

Zbog pojačane brige o životnoj sredini, snažnog razvoja ekološke svesti i aktuelizacije ponovne upotrebe i bezbednog odlaganja industrijskog otpada, velika pažnja se posvećuje istraživanju mnogobrojnih otpadnih materijala. U prošloj deceniji veliki broj istraživača se bavio istraživanjem crvenih muljeva, i u naučnim krugovima je opšte prihvaćen stav da se radi o nedovoljno ispitanoj i nedovoljno iskorišćenom materijalu, za koji postoji veliki istraživački interes i koji poseduje veliki upotrební potencijal. Prema vodećim svetskim pretraživačima naučne literature broj ovakvih radova je u stalnom porastu.

Pregled publikovanih istraživanja, učvrstio je pretpostavku da bi se bosanski crveni mulj mogao uspešno koristiti za izdvajanje teških metala. Dajemo literaturni pregled, do sada publikovanih istraživanja o mogućnosti upotrebe crvenog mulja za uklanjanje jona teških metala iz vodenih rastvora:

- Zouboulis i K. Kydros u svom radu iz 1993. godine [J. Chem. Biotechnol 58, (1993) 95-101] ispitali su ponašanje grčkog crvenog mulja za uklanjanje jona nikla iz razblaženih vodenih rastvora i dobili su obećavajuće rezultate.
- E. López i saradnici [Water Res. Vol. 32. No. 4, (1998) 1314-1322] su ispitivali mogućnost korišćenja španskog crvenog mulja za tretman otpadnih voda, sa posebnim osvrtom na njegove sorpcione osobine u cilju izdvajanja fosfata i teških metala, i publikovali su pozitivne rezultate.
- R. Apak i saradnici [Water Res. Vol. 32. No. 2 (1998) 430-440] su ispitivali mogućnost uklanjanja teških metala iz kontaminiranih otpadnih voda pomoću različito tretiranog turskog crvenog mulja. Ovi uzorci su pokazali visok kapacitet za uklanjanje teških metala (Cu, Pb, Cd) i veliku stabilnost sorbovanih metala.
- J. Pradhan, S. N. Das i R. S. Thakur su izdvajali šestovalentni hrom pomoću kiselinski aktiviranog indijskog crvenog mulja [J. Colloid Interface Sci. 217 (1999) 137-141].
- V. K. Gupta i saradnici koristili su indijski crveni mulj za uspešno izdvajanje olova i šestovalentnog hroma iz vodenih rastvora [Wat. Res. Vol. 35, No. 5 (2001) 1125-11349], i kadmijum i cinka [Environ. Sci. Technol. 36 (2002) 3612-3617].
- V. Orešćanin i saradnici [J. Trace Microprobe Techn. 19(3) (2001) 419-428; J. Trace Microprobe Techn. 20(2) (2002) 233-245] su pokazali da se hrvatski crveni mulj iz napuštene fabrike u Obrovcu, može uspošno upotrebiti kao koagulant i adsorbent za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda.
- Hülya Genç Fuhrman u svojoj doktorskoj disertaciji sa uspehom je primenila Bauxol™ (crveni mulj neutralisan morskom vodom – Virotec Global Solutions Pty. Ltd.) i njegove aktivirane

produkte za izdvajanje jedinjenja arsena [pH Thesis, Environment & Resources DTU, Technical University of Denmark, January 2004].

- R. K. Paramguru sa saradnicima u svom preglednom radu o mogućnostima upotrebe crvenog mulja [Mineral Processing & Extractive Metall. Rev. 26 (2005) 1-29] navode i mogućnosti njegove primene za uklanjanje teških metala.
- L. Santona, P. Castaldi i P. Melis [J. Hazard. Mater. B136 (2006) 324-329] su istraživali adsorpciju teških metala iz rastvora sa povišenim koncentracijama Zn, Pb i Cd na netretiranom i kiselo-tretiranom italijanskom crvenom mulju. Publikovali su da crveni mulj može biti uspešno korišćen za smanjenje rastvorljivosti i bioraspoloživosti teških metala u zagađenom zemljištu, kao i da je kiseli tretman smanjio adsorpcioni kapacitet crvenog mulja prema teškim metalima za 30 %.
- S. Wang, H. Ang i M. Tedé u svom preglednom radu [Chemosphere 72 (2008) 1621-1635] centralni deo posvetili su primeni crvenog mulja u tretmanu voda.
- C. Klauber, M. Gräfe i G. Power upotrebu crvenog mulja svrstavaju u tri važne grupe, a u okviru svake grupe definili su po tri ključna prioriteta. Kao ključni ciljevi u ovoj klasifikaciji zastupljeni su i primena crvenog mulja kao adsorbensa, i primena crvenog mulja u tretmanu otpadnih voda [CSIRO Document DMR-3609, May 2009].

Raznorodan hemijski i mineralni sastav crvenih muljeva ukazuje na mogućnost njihove upotrebe kao alternativnih nekonvencionalnih kompozitnih sorbenta, na kojima dolazi do različitih mehanizama sorpcije iz tečne faze, kako na spoljašnjim kristalografskim ravnima, tako i na unutar-sfernim površinama. Površinsko naelektrisanje crvenog mulja zavisi od pH vrednosti rastvora. Pri pH vrednosti rastvora koja je niža od tačke nultog naelektrisanja (pH_{PZC}) površina crvenog mulja je pozitivno naelektrisana, a pri pH višoj od pH_{PZC} površina crvenog mulja je negativno naelektrisana. Menjanjem pH vrednosti rastvora može se uticati na mehanizam uklanjanja jona iz rastvora. Pri nižim pH vrednostima joni nikla se uklanjaju pretežno pomoću sorpcije. Pri višim pH vrednostima crveni mulj može delovati kao agens koji uslovljava precipitaciju teških metala, tako da taloženje može biti dominantan mehanizam uklanjanja jona teških metala. Značajno je napomenuti i delovanje crvenog mulja kao koagulanta. Kiselinski i termički tretman menjaju hemijski i mineralni sastav crvenog mulja, pa se može očekivati i njihov uticaj na efikasnost uklanjanja jona nikla. S obzirom da su u realnim otpadnim vodama prisutni i drugi katjoni, kao i neorganski i organski ligandi, potrebno je proučiti i ponašanje crvenog mulja u takvim uslovima.

4. Naučne metode koje će se u istraživanju primeniti

Karakterizacija crvenog mulja iz fabrike „Birač“ obuhvatiće detaljnu fizičko-hemijsku i radiološku analizu uzorka.

- Hemijske analize uzoraka biće izvršene korišćenjem standardnih laboratorijskih metoda za određivanje sadržaja oksida,
- Specifična površina biće određena B.E.T. metodom,
- Radioaktivnost će biti ispitana gama-spektrometrijom,
- pH vrednosti crvenog mulja biće merene prema EPA 9045D metodi za merenje pH vrednosti zemljišta i otpada,
- Za određivanje tačke nultog naelektrisanja biće primenjena metoda uravnotežavanja posebnih proba,
- Minerološki sastav uzoraka biće ispitan pomoću rendgenske difrakcione analize (XRD),
- Infracrvena spektroskopska analiza (FT-IR) koristiće se za određivanje glavnih funkcionalnih grupa na površini sorbenta,
- Termička svojstva uzorka biće ispitana termo-gravimetrijskom i diferencijalno-termijskom analizom (TGA/DTA).

Tretmani sirovog crvenog mulja obuhvatiće: ispiranje, žarenje u električnoj peći na različitim temperaturama i neutralizaciju rastvorima kiseline različite koncentracije. Izvršiće se karakterizacija dobijenih uzoraka i ispitaće se njihova sorpciona efikasnost.

Prilikom ispitivanja sorpcije i desorpcije jona Ni^{2+} koristiće se sledeće metode:

- Uticaj fizičko-hemijskih svojstava sorbentata, parametara sorpcije (inicijalna koncentracija sorbata, inicijalna pH vrednost, količina sorbenta, vreme uravnotežavanja, uticaj koegzistentnih katjona i organskih i neorganskih anjona, itd.), kao i desorpcije (količina prethodno sorbovanih jona Ni^{2+} , pH, prisustvo kompetitivnih katjona i anjona) na količinu sorbovanih/desorbovanih jona Ni^{2+} , ispitaće se metodom uravnotežavanja, korišćenjem horizontalnog laboratorijskog šejkera,
- Nakon sorpcije/desorpcije, tečna faza biće odvojena od čvrste centrifugiranjem i filtriranjem,
- Atomska apsorpciona spektrometrija (AAS) biće korišćena za merenje koncentracije jona metala u rastvoru.

5. Očekivani naučni doprinos

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije treba da dovedu do sledećih rezultata:

- Utvrđivanje hemijskog i mineraloškog sastava originalnog bosanskog crvenog mulja i tretiranih uzoraka,
- Dobijanje ekološki prihvatljivog sorbenta,
- Razumevanje procesa i interakcija između polutanata iz vodenih rastvora i čvrste faze,
- Utvrđivanje mehanizama uklanjanja jona nikla iz vodenih rastvora pomoću dobijenih sorbenata,
- Utvrđivanje uticaja uslova sorpcije na mehanizam vezivanja i sorpcione kapacitete uzoraka,
- Određivanje kinetičkih parametara sorpcije jona nikla na crvenom mulju,
- Utvrđivanje uticaja sorbovane količine jona nikla i sastava rastvora na desorpciju jona nikla

6. Plan istraživanja i struktura rada

6.1. Literaturni pregled prethodnih istraživanja.

- 6.1.1. Primena crvenog mulja kao sorbenta za uklanjanje teških metala.
- 6.1.2. Aktiviranje originalnog uzorka crvenog mulja u cilju poboljšanja njegovih sorpcionih svojstava.
- 6.1.3. Uklanjanje jona nikla iz vodenih rastvora na različitim sorbentima.

6.2. Eksperimentalni deo.

- 6.2.1. Priprema uzoraka crvenog mulja.
- 6.2.2. Kiselinska i termička aktivacija originalnog uzorka crvenog mulja.
- 6.2.3. Karakterizacija originalnog uzorka i aktiviranih uzoraka (hemijski i mineraloški sastav, pH vrednosti, pH_{PZC} vrednosti).
- 6.2.4. Ispitivanje parametara sorpcije na efikasnost uklanjanja jona nikla pomoću dobijenih sorbenata (uticaj pH vrednosti na uklanjanje jona nikla, uticaj doze sorbenta i kontaktnog vremena, uticaj inicijalne koncentracije).
- 6.2.5. Ispitivanje uticaja kompetitivnih katjona na efikasnost izdvajanja jona nikla.
- 6.2.6. Ispitivanje uticaja organskih i neorganskih anjona na efikasnost izdvajanja jona nikla.
- 6.2.7. Ispitivanje uticaja sorbovane količine jona nikla i sastava rastvora na desorpciju.

6.3. Diskusija dobijenih rezultata.

6.4. Zaključak.

6.5. Literatura.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije “Proučavanje tretmana, fizičko-hemijskih svojstava crvenog mulja i parametara sorpcije na efikasnost uklanjanja jona nikla iz vodenih rastvora” koju je predložio mr Slavko Smiljanić, dipl. inž. tehnologije, naučno zasnovana, pa predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, da je prihvati. Komisija predlaže da Nastavno-naučno veće za mentora imenuje Prof. dr Dušana Antonovića, redovnog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu. Predložena tema pripada oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine.

U Beogradu, 31.03.2011.

ČLANOVI KOMISIJE:

1. Dr Dušan Antonović, red prof., TMF Beograd

2. Dr Boris Lončar, vanr. prof., TMF Beograd

3. Dr Ivana Smičiklas, naučni saradnik, INN Vinča

4. Dr Aleksandra Perić-Grujić, vanr. prof., TMF Beograd

5. Dr Branko Đukić, vanr. prof., TF Zvornik
