



MD



11. MEMORIJALNI NAUČNI SKUP IZ ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

„DOCENT DR MILENA DALMACIJA“

zajedno sa

1. PROLEĆNOM ŠKOLOM UNAPREĐENIH TRETMANA
OTPADNIH VODA - SMARTWATERTWIN

KNJIGA RADOVA

01-04.04.2024.
Novi Sad



Organizatori



Univerzitet u Novom Sadu

Prirodno-matematički fakultet



Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Fondacija "Docent dr Milena Dalmacija"



SmartWaterTwin HE Project



Podrška Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine, RS



KNJIGA RADOVA

IZDAVAČ

GLAVNI UREDNIK

11. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine
„Docent dr Milena Dalmacija“
Prirodno-matematički fakultet, UNS
dr Đurđa Kerkez, dr Dunja Rađenović,
dr Dragana Tomašević Pilipović

CIP - Katalogizacija u publikaciji

Библиотеке Матице српске, Нови Сад

502.17(082)

МЕМОРИЈАЛНИ научни skup из заштите животне средине "Доцент др Милена Далмација" (11 ; 2024 ; Нови Сад)

Knjiga radova [Elektronski izvor] / 11. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine "Docent dr Milena Dalmacija" zajedno sa 1. prolećnom školom unapređenih tretmana otpadnih voda - SmartWaterTwin, 01. - 04. 04. 2024, Novi Sad ; [glavni urednik Đurđa Kerkez, Dunja Rađenović, Dragana Tomašević Pilipović]. - Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, 2024. - 1 elektronski optički disk (CD ROM) ; 12 cm

Nasl. sa naslovnog ekrana. - Tiraž 100. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7031-664-5

1. Пролећна школа унапређених третмана отпадних вода - SmartWaterTwin (1 ; 2024 ; Нови Сад)
а) Животна средина -- Заштита -- Зборници

COBISS.SR-ID 141598729



Naučni odbor:

- dr Miladin Gligorić, redovni profesor u penziji, Tehnološki fakultet Zvornik, Univerzitet u Istočnom Sarajevu
- dr Jasmina Agbaba, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Srđan Rončević, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dragan Radnović, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dušan Mrđa, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Milena Bečelić-Tomin, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Miljana Prica, redovna profesorka, FTN, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Snežana Maletić, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dejan Krčmar, redovni profesor PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Aleksandra Tubić, redovna profesorka PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Vladimir Beškoski, redovni profesor, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu
- dr Nataša Đurišić Mladenović, vanredna profesorka, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu

Organizacioni odbor:

- dr Đurđa Kerkez, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dragana Tomašević Pilipović, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Anita Leovac Mačerak, docentkinja, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Vesna Pešić, docentkinja PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Nataša Slijepčević, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Nataša Duduković, asistentkinja sa doktoratom, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dunja Rađenović, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Jasmina Nikić, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Tijana Marjanović, istraživač saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Jovana Pešić, istraživač saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Slaven Tenodi, asistent, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- Nada Popsavin, stručna saradnica za odnose sa javnošću, PMF, Univerzitet u Novom Sadu

Sadržaj



Sekcija: Voda (V)

V-1. Nataša Đurišić-Mladenović, Igor Antić, Jelena Živančev: *Konvencionalni i napredni analitički pristupi pri određivanju prisustva organskih mikropolutanata u uzorcima iz životne sredine (Predavanje po pozivu - Laureati)*

V-2. Tajana Simetić: *Degradacija organskih zagađujućih materija u vodi: poređenje UV/H₂O₂, UV/S₂O₈²⁻- i UV/H₂S₂O₅- procesa (Predavanje po pozivu - Laureati)*

V-3. Katarina Tošić, Sara Mijaković, Anđela Mitrović Rajić, Jasmina Grbović Novaković, Nenad Filipović, Vladimir Rajić, Bojana Paskaš Mamula: *Primena ultrazvučnog tretmana u poboljšanju sorpcionih svojstava prirodne rude pirofilit*

V-4. Dragana Lukić, Vesna Vasić, Nenad Popov, Ivana Čabarkapa: *Biosorpcija teških metala ljušturama invazivnih rakova *faxonius limosus*: efikasnost i potencijal*

V-5. Nebojša Vasiljević, Sanja Panić, Mirjana Petronijević, Slavko Smiljanić, Zoran Petrović, Jelena Živančev, Nataša Đurišić-Mladenović: *Mogućnosti primene katalizatora na bazi hidrouglja za aktivaciju persulfata u cilju eliminacije organskih mikropolutanata - kratki pregled*

V-6. Milica Mišić, Aleksandar Jovanović, Mladen Bugarčić: *Modelovanje disperzije azotnih jedinjenja u površinskim vodama prilikom akcidentnih situacija*

V-7. Ivana Jevtić, Sandra Jakšić: *Primena direktne fotolize za uklanjanje mikotoksina iz vodene sredine*

V-8. Marija Šobić, Mirjana Petronijević, Sanja Panić, Nataša Đurišić-Mladenović: *Uklanjanje farmaceutski aktivnih jedinjenja iz vode primenom imobilisane lakaze*

V-9. Nataša Sarap, Marija Janković, Stefana Dejković: *Zaštita životne sredine - značaj monitoringa radioaktivnosti*

V-10. Marija Janković, Nataša Sarap, Bojan Janković, Ivana Jelić, Milica Ćurčić, Stefana Dejković, Maja Rajković, Marija Šljivić-Ivanović: *Značaj merenja tricijuma u vodenom matriksu*

Sekcija: Sediment (S)

S-1. Vladimir Beškoski: *(Bio)razgradnja "večnih hemikalija"- izazov per- i polifluorovanih jedinjenja (Predavanje po pozivu - Laureati)*

S-2. Anđelić M., Slijepčević N., Rađenović D., Tenodi S., Krčmar D., Pejin Đ., Tomašević Pilipović D: *Potencijal fosfogipsa za stabilizaciju/solidifikaciju rečnog sedimenta*

S-3. Panta Krstić: *Sediment kao građevinski materijal*

Sekcija: Vazduh (Vaz)

Vaz-1. Danka Kostadinović, Marina Jovanović, Vukman Bakić: *Uticaj zelenog krova na koncentraciju suspendovanih čestica i azot dioksida (Predavanje po pozivu - Laureati)*

Vaz-2. Nenad Popov, Milica Živkov Baloš, Sandra Jakšić, Miloš Pelić, Nataša Varga, Stefan Đorđievski, Srđan Rončević: *Skladištenje ugljen-dioksida primenom tehnike ubrzane karbonizacije*

Vaz-3. Maja Rajković, Ivana Jelić, Marija Janković, Marija Šljivić-Ivanović: *Softverski alati za procenu koncentracija zagađujućih materija u vazduhu poreklom iz saobraćaja*

Vaz-4. Isidora Lazić, Sofija Forkapić, Jovana Knežević Radić, Jan Hansman, Danijel Velimirović: *Poređenje metoda merenja radona u boravišnom prostoru na teritoriji Novog Sada*

Sekcija: Otpad (O)

O-1. Teodora Cvanić: *Primena vodenog sistema micelarne ekstrakcije za izolovanje bioaktivnih jedinjenja iz kore rogata dinje*

O-2. Jelena Dimitrijević, Sanja Jevtić, Marija Koprivica, Aleksandar Marinković, Marija Simić, Jelena Petrović: *Imobilisana otpadna ovsena slama kao efikasan adsorbent jona bakra*

O-3. Tijana Adamov, Mladenka Novaković, Ivana Mihajlović, Maja Petrović: *Procena potencijala kontaminacije procednih voda selektovanih deponija komunalnog otpada u AP Vojvodina*

Sekcija: Održivi razvoj (OR)

OR-1. Anđela Mitrović Rajić, Katarina Tošić, Sara Mijaković, Sanja Milošević Govedarović, Ana Vujačić Nikezić, Bojana Paskaš Mamula, Jasmina Grbović Novaković: *Mehanohemijska i termička modifikacija pirofilita za primenu u elektrohemijskim senzorima i membranama (Predavanje po pozivu - Laureati)*

OR-2. Milica Ćurčić, Jelena Dinić, Slavko Dimović: *Očuvanje životne sredine i resursa kao nacionalni interes Republike Srbije*

Sekcija: Zemljište (Z)

Z-1. Dušan Rakić, Zita Šereš, Igor Antić, Maja Buljovčić, Jelena Živančev, Nataša Đurišić-Mladenović: *Ispitivanje efikasnosti ekstrakcione metode za analizu zemljišta na prisustvo zagađujućih supstanci koje izazivaju zabrinutost*

IMOBILISANA OTPADNA OVSENA SLAMA KAO EFIKASAN ADSORBENT JONA BAKRA

Jelena Dimitrijević¹, Sanja Jevtić², Marija Koprivica¹, Aleksandar Marinković², Marija Simić¹,
Jelena Petrović¹

¹ *Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Bulevar Franše
d'Eperea 86, Beograd, j.dimitrijevic@itnms.bg.ac.rs*

² *Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd*

Izvod

U ovom istraživanju, ispitivana je sposobnost otpadne biomase kao adsorbenta, pri čemu je ovsena slama (OS) odabrana kao polazna sirovina. Da bi se unapredio kapacitet adsorpcije ovog materijala, on je modifikovan sa odabranim dubokim eutektičkim rastvaračem (DES). Radi proširenja mogućnosti primene nakon tretmana sa DES-om, modifikovana ovsena slama (DOS) je imobilisana u kuglice sa alginatom, te je time dobijen IDOS. Efikasnost adsorpcije teških metalnih jona metala iz rastvora bakra testirana je na modifikovanoj (ili imobilisanoj) ovsenoj slami. Maksimalni dobijeni kapaciteti za adsorpciju jona bakra bili su 26.4, 81.4, 124.78 mg/g respektivno. Dobijeni rezultati pokazali su da adsorpcija prati kinetički model pseudo-drugog reda, što implicira da je hemisorpcija za vezivanje jona bakra, odnosno korak koji kontroliše brzinu adsorpcije.

Ključne reči: adsorpcija, imobilisana ovsena slama, ovsena slama, adsorbent, bakar(II).

Uvod

U poslednjoj deceniji svedočimo značajnom tehničko-tehnološkom napretku koji, paradoksalno, dovodi do sve izraženije kontaminacije prirodnih podzemnih i nadzemnih voda. Među primarnim uzročnicima zagađenja životne sredine ističu se različite industrijske grane poput farmacije, rudarstva, prerade minerala, proizvodnje veštačkih đubriva, građevinskog materijala, prerade nafte i crne metalurgije. Ovaj kontinuirani unos raznovrsnih fizičkih, bioloških i hemijskih zagađivača u vodotokove značajno utiče na kvalitet vode i stepen njenog zagađenja, što ima ozbiljne posledice kako po životnu sredinu, tako i po zdravlje ljudi i životinja[1].

Teški metali, zbog svoje otpornosti na razgradnju i visoke toksičnosti čak i pri niskim koncentracijama, predstavljaju poseban izazov u kontroli zagađenja industrijskih otpadnih voda i očuvanju ekološke ravnoteže. Iako su u malim količinama neophodni za normalno funkcionisanje organizama, u većim koncentracijama mogu izazvati ozbiljna oštećenja ili čak imati smrtonosne posledice[2].

U prošlosti su se koristile različite metode za prečišćavanje otpadnih voda, poput koagulacije, flokulacije, membranske filtracije i hemijske precipitacije. Međutim, ove tradicionalne tehnologije često imaju nedostatke poput ekonomske neisplativosti, nedovoljne selektivnosti prema ciljanom polutantu i generisanja velikih količina otpadnog mulja. Zbog toga sve je veći broj istraživanja usmeren ka pronalaženju efikasnijih i ekološki prihvatljivijih alternativnih metoda[1-3].

Jedna od takvih metoda je biosorpcija koja se ističe po visokoj efikasnosti, ekonomičnosti, selektivnosti i ekološkoj prihvatljivosti. Uz to, eksploatacija otpadne biomase kao adsorbenta postala je atraktivna opcija zbog valorizacije jeftinih, lako dostupnih, obnovljivih i održivih materijala[4]. Prednost korišćenja otpadne biomase je i u tome što se nakon korišćenja može

iskoristiti kao gorivo ili đubrivo, što doprinosi smanjenju količine otpada kojim se treba upravljati. [5]

Da bi se povećala adsorptivna svojstva biomase, često se koriste različite metode modifikacije, poput alkalnih i kiselinskih tretmana. Nedavno se sve više istražuje upotreba ekološki prihvatljivih dubokih eutektičkih rastvarača (DES) kao inovativnih zelenih tečnosti za modifikaciju lignocelulozne biomase radi dobijanja željenih karakteristika za potencijalnu dalju primenu [6]. DES rastvarači se sastoje od donora i akceptora vodonične veze, što omogućava delimičnu ili potpunu degradaciju lignina iz biomase i poboljšanje njene strukture. Nakon modifikacije, biomasa se često oblikuje u membrane ili kuglice kako bi se olakšala manipulacija i povećala mogućnost primena [7].

Uz to, sve se više istražuje primena alginata za umrežavanje i povezivanje praškastih struktura, što doprinosi poboljšanju adsorptivnih svojstava i širenju spektra primene ovih materijala.

Ovsena slama predstavlja biootpad koji se lako može nabaviti po povoljnoj ceni i nastaje nakon žetve ovsa. S obzirom na obilnu proizvodnju slame tokom žetve, sve veća pažnja se posvećuje njenom daljem korišćenju. U ovom istraživanju se proučava modifikacija ovsene slame pomoću dubokih eutektičkih rastvarača (DES) kako bi se poboljšala njena mogućnost primene kao adsorbenta za metale prisutne u vodenim rastvorima. Dodatno, analizira se adsorpciona sposobnost kuglica formiranih od alginata i DES-modifikovane ovsene slame. U radu su prikazani i upoređeni rezultati dobijeni primenom native slame, modifikovane ovsene slame i alginatnih kuglica na bazi ovsene slame u procesu uklanjanja bakra iz vodenih rastvora.

Ekperimentalni deo

Ovsena slama koja je korišćena u ovom istraživanju prikupljena je nakon žetve ovsa u Banatu, regionu Srbije, tokom 2022. godine. Slama je direktno sakupljena sa polja, temeljno oprana kako bi se uklonile nečistoće, a zatim sušena na sobnoj temperaturi. Nakon sušenja, biomasa je mlevena i prosejana na frakciju veličine 63–125 μm , nakon čega je ponovo osušena do postizanja konstantne mase na 105°C. Ova obrađena slama je čuvana u staklenim posudama do daljih eksperimenata.

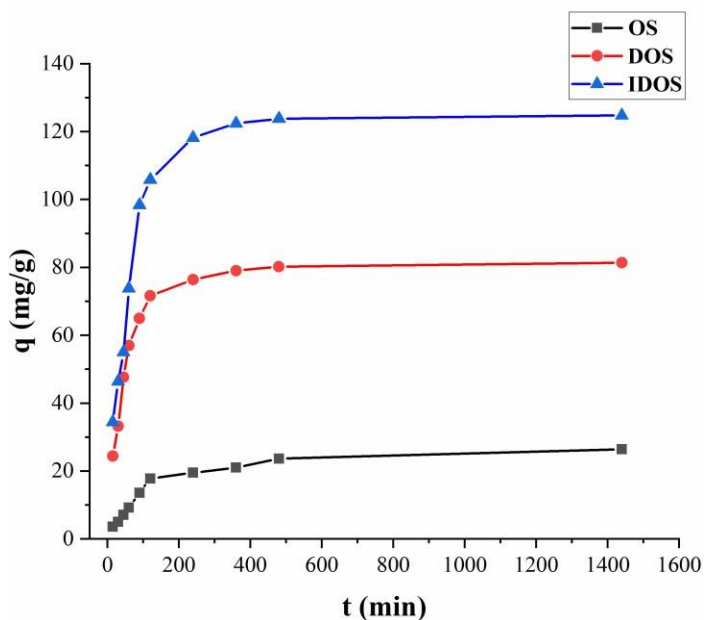
Da bi se lignoceluloza u ovoj ovsenoj slami razgradila korišćen je DES rastvarač. DES rastvarač je pripremljen mešanjem jonske tečnosti holin-arginata (IL) sa odgovarajućom količinom uree. Ova reakcija je sprovedena uz stalno mešanje i upotrebu refluksnog kondenzatora na temperaturi od 40°C [8]. Nakon toga, dobijena modifikovana ovsena slama je sušena do konstantne mase u sušionici i korišćena za dalja ispitivanja adsorpcije i izrade kuglica.

U cilju poboljšanja adsorpcionih svojstava i lakše primene, modifikovana ovsena slama je umrežavana sa alginatom radi formiranja kuglica. Smesa alginata i modifikovane ovsene slame je istisnuta u 1% rastvor natrijum hlorida, a zatim su formirane kuglice ostavljene u frižideru 24 sata, nakon čega su isprane i sušene u sušionici na 30°C kako bi se uklonila vlaga. Kuglice na ovaj način dobijene imaju poboljšane karakteristike primene i čuvanja [9].

Za pripremu radnog rastvora korišćen je bakarni nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), pri čemu su sve korišćene hemikalije bile analitičkog kvaliteta. Eksperimenti adsorpcije su izvedeni u šaržnom sistemu pri sobnoj temperaturi i pH vrijednosti od 5,0. Ispitan je uticaj vremena kontakta u intervalima od 15 do 1440 minuta. U svakom eksperimentu, oko 0,02 g native, modifikovane ovsene slame ili imobilisane modifikovane slame je dodato u erlenmajer sa 40 ml rastvora bakra. Početna koncentracija bakra u rastvoru je bila 1,5 mM. Suspenzije su mešane na orbitalnom šejkeru na 250 rpm i filtrirane, a na kraju eksperimenta koncentracija metala u filtratima je merena primjenom ASS metode na Perkin Elmer 900T instrumentu.

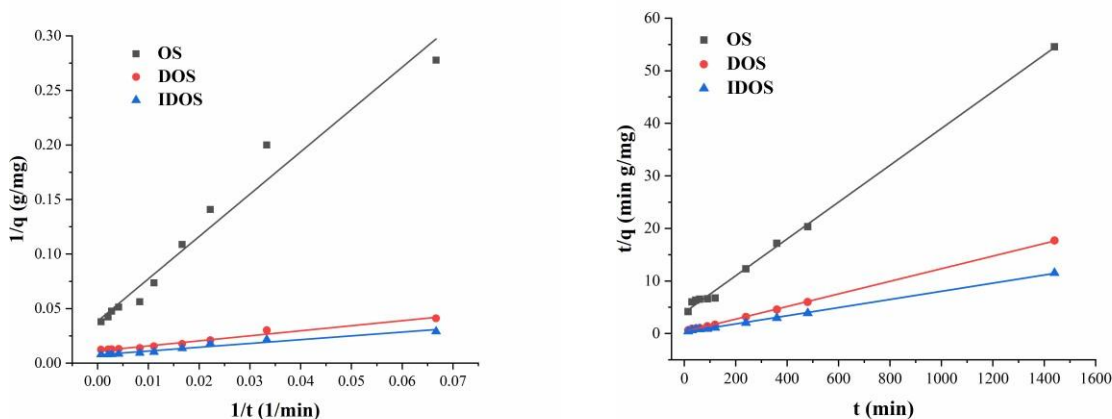
Rezultati i diskusija

Adsorpcioni testovi koji su ispitivali uticaj vremena kontakta sprovedeni su na nativnoj, modifikovanoj DES ovsenoj slami i kuglicama sa alginatom. Na Slici 1 prikazan je uticaj vremena kontakta na svaki od ovih materijala prilikom uklanjanja bakra. Trendovi smanjenja koncentracije bakra u rastvoru praćeni su u rasponu od 15 do 1440 minuta. Dobijeni rezultati jasno pokazuju da se sa produženjem vremena kontakta povećava efikasnost uklanjanja bakarnih jona iz vodenog rastvora[10].



Slika 1. Uticaj vremena tokom adsorpcije jona bakra korišćenjem nativne, modifikovane i imobilisane modifikovane ovsene slame

Tokom početnog vremenskog intervala primećena je brza adsorpcija na svim ispitivanim materijalima. Ova pojava objašnjava se interakcijom jona sa velikim brojem dostupnih aktivnih mesta na površini adsorbenta[11]. Nakon ovog perioda, kapacitet adsorpcije polako raste dok se ne dostigne stanje ravnoteže. Stanje ravnoteže počinje da se uspostavlja već nakon 6 sati. Ostvareni ravnotežni kapaciteti za bakar ispitivane uzorke nativne ovsene slame, modifikovane DES ovsene slame i kuglice sa alginatom iznosili su 26.4, 81.4, 124.78 mg/g.



Slika 2. Krive adsorpcije jona bakra na nativnoj, modifikovanoj i imobilisano modifikovanoj ovsenoj slami a) pseudo-prvi red b) pseudo drugi red

Kineticke studije adsorpcije sprovode se jer pružaju dodatne informacije o mehanizmu vezivanja metalnih jona i brzini. U tu svrhu su na dobijene eksperimentalne rezultate primenjeni modeli pseudo-prvog i pseudo-drugog kinetičkog reda.

Adsorpcioni grafikoni pseudo prvog i pseudo-drugog reda prikazani su na Slici 2, dok su izračunati parametri sumirani i prikazani u Tabeli 1. Prema rezultatima prikazanim u Tabeli 1, može se zaključiti da su vrednosti koeficijenta korelacije za sve adsorbense za uklanjanje jona bakra bile bliže 1 za kinetički model pseudo-drugog reda. Ova zapažanja ukazuju na to da kinetika uklanjanja svih odabranih adsorbensa prati predloženi kinetički model. Ovaj zaključak potkrepljuje i činjenica da su izračunati ravnotežni adsorpcioni kapaciteti dobijeni iz pseudo-drugog modela bili u saglasnosti sa eksperimentalno postignutim vrednostima (Tabela 1). Model pseudo-drugog reda implicira da su hemijske interakcije između jona zagađivača i površine adsorbenta ključne za vezivanje metalnih jona. Takođe se zaključuje da je kapacitet kod imobilisane ovsene slame najveći, što govori u prilog opravdanosti modifikacije i njenoj daljoj primeni [11,12].

Tabela 1. Kinetički parametri

	OS	DOS	IDOS
$q_{eq, exp}$ [mg/g]	26.4	81.4	124.78
Pseudo-Prvi model			
$q_{eq, cal}$ [mg/g]	26.04	89.44	131.59
k_1 [1/min]	101.056	41.34	45.72
R^2	0.93518	0.97759	0.98844
Pseudo-Drugi model			
$q_{eq, cal}$ [mg/g]	28.54	83.40	133.33
k_2 [g/mg min ⁻¹]	1.4578	0.0064	0.0017
R^2	0.9886	0.9978	0.9998

Zaključak

U ovom istraživanju je razmotrena mogućnost primene native, modifikovane ovsene slame, i imobilisane modifikovane ovsene slame, kao biosorbenta za uklanjanje teških metala iz otpadnih

voda. U cilju poboljšanja adsorpcionog kapaciteta ovsene slame, izvršena je modifikacija sa dubokim eutektičkim rastvaračem (DES). Radi lakše primene, prah modifikovane ovsene slame je umrežen sa alginatom kako bi se formirale kuglice sa većom primenom.

Eksperimenti adsorpcije izvedeni na modifikovanoj ovsenoj slami su pokazali da adsorpcija prati kinetiku pseudo-drugog reda i da je hemisorpcija dominantan mehanizam vezivanja. Najveći stepen adsorpcije imala je imobilisana modifikovana ovsena slama, koja se pokazala najzgodnijom za upotrebu.

Literatura

- [1] Simić, M., Petrović, J., Šoštarić, T., Ercegović, M., Milojković, J., Lopičić, Z., Kojić, M. (2022). A Mechanism Assessment and Differences of Cadmium Adsorption on Raw and Alkali-Modified Agricultural Waste, *Processes*, 10(10), 1957.
- [2] Zhang, T., Jiang, W., Cao, Y., Zhu, C., Toukoui, S., Yao, S. (2022). A facile one-pot synthesis of ionic liquid@porous organic frameworks for rapid high-capacity removal of heavy metal ions, pesticides and aflatoxin from two non-food bioactive products. *Industrial Crops and Products*, 181, 114859.
- [3] Solisio C., Al Arni S., Converti A. (2019). Adsorption of inorganic mercury from aqueous solution onto dry biomass of *Chlorella vulgaris*: kinetic and isotherm study, *Environmental Technology* 40, 664-672.
- [4] Fan, L., Miao, J., Yang, J., Zhao, X., Shi, W., Xie, M., Wang, X., Chen, W., An, X., Luo, H., Ma, D., Cheng, L. (2022). Invasive plant-crofton weed as adsorbent for effective removal of copper from aqueous solution. *Environmental Technology & Innovation*, 26, 102280.
- [5] Aguilar, G.L.D., Rodríguez Miranda, P.J., Miller, A.X.M., Astudillo, M.I.R., Muñoz, E.A.J. (2020). Removal of Zn(II) in Synthetic Wastewater Using Agricultural Wastes. *Metals*, 10, 1465.
- [6] Xu, H., Dong, C., Wang, W., Liu, Y., Li, B., Liu, F. (2023). Machine learning prediction of deep eutectic solvents pretreatment of lignocellulosic biomass. *Industrial Crops and Products*, 196, 116431.
- [7] Jose, D., Tawai, A., Divakaran, D., Bhattacharyya, D., Venkatachalam, P., Tantayotai, P., Sriariyanun, M. (2023). Integration of deep eutectic solvent in biorefining process of lignocellulosic biomass valorization. *Bioresour. Technology Reports*, 21, 101365.
- [8] Wang, Y., Zhang, J.W., Yang, J.Y., Li, M.L., Peng, F., Bian, J. (2022). Efficient fractionation of woody biomass hemicelluloses using cholinium amino acids based deep eutectic solvents and their aqueous mixtures. *Bioresource Technology*, Volume 354.
- [9] Wang, Y., Zhang, J.W., Yang, J.Y., Li, M.L., Peng, F., Bian, J. (2022). Efficient fractionation of woody biomass hemicelluloses using cholinium amino acids-based deep eutectic solvents and their aqueous mixtures. *Bioresource Technology*, 354, 127139.
- [10] Gupta V., Nayak A., Agarwal S., Tyagi I. (2014). Potential of activated carbon from Waste Rubber Tire for the adsorption of phenolics: effect of pretreatment conditions, *Journal of Colloid and Interface Science*, 354, 127139.
- [11] Petrović, J., Stojanović, M., Milojković, J., Petrović, M., Šoštarić, T., Laušević, M., Mihajlović, L.M. (2016). Alkali modified hydrochar of grape pomace as a perspective adsorbent of Pb 2+ from aqueous solution. *Journal of Environmental Management*, 182, 292–300.
- [12] Jevtić, S., Arčon, I., Rečnik, A., Babić, B., Mazaj, M., Pavlović, J., Matijašević, D., Nikšić, M., Rajić, N. (2014). The iron(III)-modified natural zeolitic tuff as an adsorbent and carrier for selenium oxyanions. *Microporous and Mesoporous Materials*, 197, 92-100.



ISBN: 978-86-7031-664-5