

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**43. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '22

Zrenjanin

11 - 14. oktobar 2022.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

43. Međunarodna konferencija
VODOVOD I KANALIZACIJA '22

Zbornik radova

Zrenjanin, 11 – 14. oktobar 2022.

Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

mr Bogdan Vlahović, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

prof. dr Milovan Živković, (predsednik), prof. dr Srđan Kolaković, prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Aleksandar Đukić, prof. dr Jovan Despotović, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Rada Petrović, Vladimir Milojević, Dušan Đurić, Miodrag Popović, dr Zorica Lopičić, dr Dragana Ranđelović, prof. dr Goran Orašanin, prof. dr Darko Vuksanović, prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, mr Olivera Doklestić, prof. dr Dragica Chamovska, prof. dr Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

mr Bogdan Vlahović (predsednik), Simo Salapura, Dalibor Joknić, Nebojša Jakovljević, Nikica Ivić, Predrag Bodiřoga, Goran Marinković, mr Zoran Pendić, dr Tatjana Šoštarić, dr Dušan Milojkov, dr Jelena Petrović, Zoran Nikolić, Milan Đorđević, Marijana Mihajlović, Olivera Ćosović, MSc i Olja Jovičić

Glavni i odgovorni urednik:

prof. dr Milovan Živković, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Ćosović, mast. filol.

Tehnički urednik:

Olja Jovičić, dipl. prav.

Štampa:

Akadska izdanja, Zemun

Naslovna strana:

Taranto, Pulja, Italija

ISBN: 978-86-80067-53-7

Godina izdavanja: 2022.

Tiraž: 200 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и канализација
(43 ; 2022 ; Зрењанин)
Zbornik radova / 43. Medunarodna konferencija Vodovod i
kanalizacija '22, Zrenjanin, 11-14. oktobar 2022. ; [organizator]
Savez inženjera i tehničara Srbije ; [suorganizatori ITNMS -
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina,
Beograd ... [et al.]] ; [glavni i odgovorni urednik Milovan
Živković]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2022
(Zemun : Akademska izdanja). - 364 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp., hrv. i bos. jeziku. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 200. -
Napomene uz radove. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-53-7

а) Водовод -- Зборници б) Канализација -- Зборници в)
Отпадне воде -- Зборници г) Водозахвати -- Зборници

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ОТПАДНЕ БИОМАСЕ ХМЕЉА ЗА АДСОРПЦИЈУ ЈОНА Ni^{2+} ИЗ ВОДЕНИХ РАСТВОРА

POSSIBILITY OF WASTE BIOMASS OF HOPS UTILISATION FOR ADSORPTION OF Ni^{2+} IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

ЈОВАНА ПЕРЕНДИЈА¹, МИНА ПОПОВИЋ², ВЕРИЦА ЉУБИЋ³,
ДРАГАНА МИЛОШЕВИЋ⁴, СЛОБОДАН ЦВЕТКОВИЋ⁵

Резиме: Загађење водених екосистема изазвано никлом представља озбиљну еколошку претњу током последњих неколико деценија и од великог је еколошког значаја. Ова забринутост произилази из чињенице да је никл биоразградив, високотоксичан и да потенцијално може изазвати бројне штетне ефекте по здравље људи. У овом раду испитана је биосорпција јона никла при различитим контактним временима коришћењем отпадне биомасе хмеља. Висока вредност коефицијента корелације од 0,999 указује да кинетика адсорпције прати модел псеудо-другог реда. Хмељ је показао висок потенцијал у уклањању Ni^{2+} из водених раствора са ефикасношћу до 86%. Коришћење отпадне биомасе хмеља бити ефикасна, економична и еколошки погодна опција за очување животне средине.

Кључне речи: хмељ, биосорпција, уклањање никла

Abstract: Nickel pollution of aquatic ecosystems has been a serious environmental threat during the last few decades and is of great environmental importance. This concern stems from the fact that nickel is biodegradable, highly toxic, and can potentially cause numerous adverse effects on human health. In this work, the biosorption of nickel ions at different contact times was investigated using hop biomass waste. The high correlation coefficient value of 0.999 indicates that the adsorption kinetics follows a pseudo-second-order model. Hops showed high potential for Ni^{2+} removal from aqueous solutions with an efficiency of

¹ Јована Перендија, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Његошева 12, Београд

² Мина Поповић, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Његошева 12, Београд

³ Верица Љубић, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Његошева 12, Београд

⁴ Драгана Милошевић, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Његошева 12, Београд

⁵ Слободан Цветковић, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Његошева 12, Београд

up to 86%. The use of waste biomass of hops can be an efficient, economical and ecologically suitable option for the preservation of the environment.

Key Words: hop, biosorption, removal of nickel

1. Увод

Као резултат развоја индустрије, у животну средину се емитују различите штетне загађујуће супстанце које вишеструко повећавају ризике по здравље. Тешки метали у животnoj средини, због своје продужене постојаности у биолошким системима и акумулације у ланцу исхране, озбиљна су претња људском здрављу, живим ресурсима и еколошким системима [1, 2]. Нарочиту забринутост изазива никл, јер је ниво загађења овим тешким металом у сталном порасту. Због токсичности и канцерогености, једињења никла су међу најопаснијим по животну средину.

Многа истраживања су доказала да дугорочно излагање никлу може изазвати кожне алергије, фиброзу плућа, кардиоваскуларне болести, рак респираторног тракта и астму [3, 4]. Захваљујући физичко-хемијским својствима никл се користи у многим индустријским секторима, укључујући индустрију папира, рафинерије, фабрике ђубрива и челичане. Повећане концентрације јона никла резултат су и производње галванских превлака, електрополирања нерђајућих челика и производње никл-кадмијум батерија.

Овако распрострањена индустријска употреба и својства никла доводе тога да се значајне количине овог метала могу наћи у воденој средини. С обзиром на лаку биоакумулацију, повећање концентрација никла је посебно очигледно у површинским, плитким подземним и отпадним водама и у канализационом муљу. Према смерницама Светске здравствене организације, максимална дозвољена концентрација никла у води за пиће је $0,02 \text{ mg L}^{-1}$.

Уклањање никла из вода, како би његова концентрација била у оквиру дозвољених опсега, подразумева интензивирање тражења решења за пречишћавање вода. Неколико предности, као што су ниска цена рада, једноставност, прихватљива ефикасност, способност поврата адсорбента и разумна брзина уклањања, учинили су адсорпцију главним подручјем интересовања у области третмана вода загађених јонима тешких метала.

Уклањање никла може се постићи применом адсорбената на бази агроиндустријског отпада због његове ниске цене и доступности. Агроиндустријски отпад је углавном лигноцелулозна биомаса, која је јефтина, обновљива и присутна у изобиљу. У последње време потенцијални биосорбенти као што су нежива биомаса дрвета, корења, лишћа, коре, љуске и отпада стабљика различитих биљака, користе се за третман вода загађених никлом.

Хмељ (*Humulus lupulus L.*) може бити добар извор биљног материјала за уклањање токсичних јона никла из воде. Хмељ је вишегодишња зељаста биљка пењачица која припада породици Cannabaceae и расте 6–7 метара по сезони [5].

Део биљке који се бере је зрела женска цваст, или шишарка, која се обично користи у пиварској и фармацеутској индустрији.

Преостали материјал који чине листови и стабљике обично се спаљује или депонује након жетве шишарки. Стабљике и листови чине приближно 75% биомасе произведене узгојем хмеља, док је просечна маса осушених стабљика по биљци приближно 600–900 грама [5, 6]. Дакле, стабљике хмеља доприносе глобално значајној количини отпада сваке године, стога је њихова алтернативна употреба веома пожељна.

Жива биљка хмеља способна је да акумулира тешке метале као што је никл из земље, што указује да у свом саставу има природна места везивања тешких метала, неопходна да би се користила као биосорбент. Циљ овог рада је да се истражи уклањање јона никла из воденог раствора коришћењем отпадне биомасе стабљика хмеља као биосорбента. У раду су приказани резултати добијени испитивањем утицаја различитих контактних времена на процес адсорпције.

2. Експериментална процедура

Отпадна биомаса хмеља коришћена у раду добијена је од Института за ратарство и повртарство, Институт од националног значаја за Републику Србију, Нови Сад. Биомаса је осушена у трајању од 6 сати на температури од 40°C. Осушена отпадна биомаса хмеља је потом самлевена у лабораторијском млину. За утврђивање адсорпционих карактеристика хмеља у процесу уклањања јона Ni²⁺ из водених раствора, у експериментима шаржне адсорпције, уситњена биомаса хмеља просејана је кроз сет сита при чему су издвојене 4 фракције. У експериментима је коришћена најситнија фракција са величином честица мањом од 0,519 mm. Коришћен је водени раствор никла, добијен разблаживањем комерцијалног раствора концентрације 1000 mg L⁻¹ (AAS Accustandard, 1000 mg L⁻¹ у 2% HNO₃) до почетне концентрације 60 mg L⁻¹. Експеримент је изведен на 25°C, при почетној рН вредности 8,05, у равнотежавањем 40 mL раствора концентрације 60 mg L⁻¹, са 100 mg адсорбента, на различитим контактним временима (5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 90, 120, 180 и 220 минута) на магнетној мешалици, при броју обртаја од 300 rpm.

Концентрација јона Ni²⁺ је одређивана ААС спектрометром (PerkinElmer PinAAcle 900Т). Узорковањем у дефинисаним временским интервалима утврђено је време потребно за постизање равнотеже. Да би се установило оптимално време контакта за експерименте адсорпције, први аспект који треба узети у обзир у било којој студији адсорпције је процена кинетике адсорпције. Кинетика адсорпције даје слику о променама у систему адсорбент-адсорбат током времена. Бави се брзином адсорпције и факторима који на ту брзину утичу, као и механизмом процеса адсорпције. У овој студији добијени кинетички подаци су анализирани применом 2 кинетичка модела, односно Лагергренове једначине псеудо-првог реда и Хо једначине псеудо-другог реда.

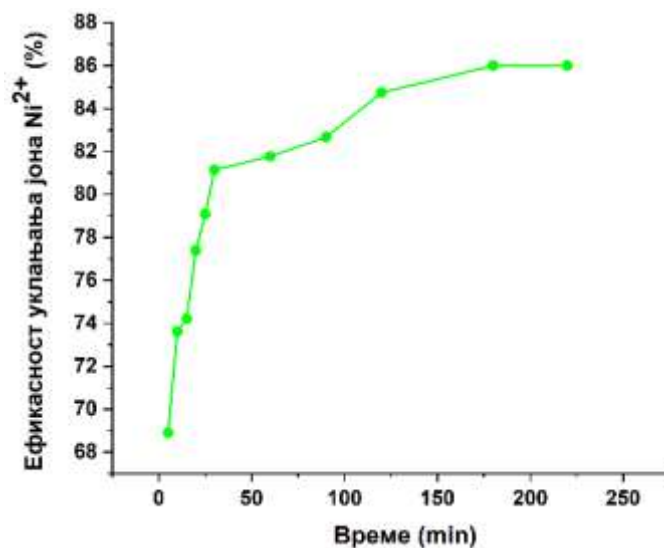
3. Резултати и дискусија



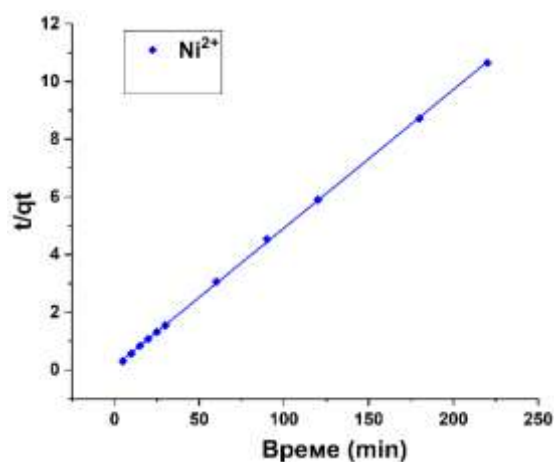
Слика 1. Стабљике отпадне биомасе хмеља коришћене у експерименту пре (а) и после млевења (б)

3.1. Кинетика адсорпције јона Ni^{2+} на отпадној биомаси хмеља

Слика 2 приказује утицај времена контакта на % ефикасности уклањања јона Ni^{2+} . Закључује се да је адсорпција веома брза, јер је у раној фази процеса (након 5 минута) адсорбована значајна количина јона. Како се време контакта повећава, % ефикасности уклањања значајно расте све док се не постигне плато на коме ефикасност уклањања достиже 86%. Слични резултати добијени су у и другим биосорпционим студијама у којима је коришћена немодификована биомаса. Коришћењем биљака *Nymphaea lotus* и *Pistia stratiotes* ефикасност достиже 86 и 87%, респективно [7]. Употребом љуске јајета, тресета и влакана шећерне трске, ефикасност се кретала у распону од 94-97,9% [8-10].



Слика 2. Ефикасност уклањања јона Ni^{2+} из водених раствора адсорпцијом на отпадној биомаси хмеља



Слика 3. Кинетички модел псеудо-другог реда за адсорпцију јона Ni^{2+} на отпадној биомаси хмеља

Табела 1. Параметри модела псеудо-првог и модела псеудо-другог реда за адсорпцију јона Ni^{2+} из водених раствора на отпадној биомаси хмеља

Јон	Модел псеудо-првог реда			Модел псеудо-другог реда		
Ni^{2+}	q_m (mg g^{-1})	k_1 (min^{-1})	R^2	q_m (mg g^{-1})	k_2 ($\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$)	R^2
	3.28	0.0189	0.890	20.83	0.0195	0.999

Добијени резултат коефицијента корелације 0,999 (слика 3 и табела 1) показао је да се процес адсорпције јона Ni^{2+} на отпадној биомаси хмеља може најбоље описати кинетичким моделом псеудо-другог реда.

4. Закључак

Употреба материјала природног порекла за адсорпцију јона никла из водених раствора привлачи пажњу последњих година у научној заједници. Ово се објашњава чињеницом да се једињења никла, због тешких здравствених последица, сматрају веома опасним по животну средину. Ова студија је показала да се употребом отпадне биомасе стабљика хмеља у уклањању јона никла из водених раствора може достићи ефикасност и до 86%. Предмет будућих истраживања ће бити унапређење ефикасности хмеља као еколошки прихватљивог, јефтиног биосорбента за уклањање никла и других тешких метала из водених раствора при различитим реакционим условима.

5. Захвалница

Резултати приказани у овом раду финансирани су од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Број уговора 451-03-68/2022-14/200026).

6. Литература

- [1] Khedri A, Jafari D, Esfandyari M.: Adsorption of Nickel(II) Ions from Synthetic Wastewater Using Activated Carbon Prepared from *Mespilus germanica* Leaf, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47, 6155–6166, 2021.
- [2] Charazińska S, Burszta-Adamiak E, Lochyński P.: Recent trends in Ni(II) sorption from aqueous solutions using natural materials, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 21, 105-138, 2022.
- [3] Liu P, Yuan N, Xiong W, Wu H, Pan D, Wu W.: Removal of Nickel(II) from Aqueous Solutions Using Synthesized β -Zeolite and Its Ethylenediamine Derivative, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 11, 3067-3076, 2017.
- [4] Gupta S, Kumar A.: Removal of nickel (II) from aqueous solution by biosorption on *A. barbadensis* Miller waste leaves powder, *Applied Water Science*, 9 (4), 1-11, 2019.
- [5] Kanai N, Nishimura K, Umetani S, Saito Y, Oyama T, Kawamura I.: Upcycling of Waste Hop Stems into Cellulose Nanofibers: Isolation and Structural Characterization, *ACS Agricultural Science & Technology*, 1 (4), 347-354, 2021.
- [6] Gardea-Torresdey J, Hejazi M, Tiemann K, Parsons J.G, Duarte-Gardea M, Henning J. : Use of hop (*Humulus lupulus*) agricultural by-products for the reduction of aqueous lead(II) environmental health hazards, *Journal of Hazardous Materials*, 91 (1-3), 95-112, 2002.
- [7] Ugya A. Y, Imam T. S, Xua X, Ma J, Efficacy of *eichhornia crassipes*, *pistia stratiotes* and *nymphaea lotus* in the biosorption of nickel from refinery wastewater, *Applied Ecology and Environmental research*, 17 (6), 13075–13087, 2019.
- [8] Mashangwa T. D, Tekere M, Sibanda T, Baroutian S.: Determination of the Efficacy of Eggshell as a Low-Cost Adsorbent for the Treatment of Metal Laden Effluents, *International Journal of Environmental Research*, 11, 175-188, 2017.
- [9] Mohamad N, Abustan I, Mohamad M, Samuding K.: Metal removal from municipal landfill leachate using mixture of laterite soil, peat soil and rice husk, *Materials Today: and Proceedings*, 5 (10), 21832–21840, 2018.
- [10] Rico I. L. R, Carrazana R. J. C, Karna N. K, Rodríguez I. I, De Hoces M. C.: Modeling the mass transfer in biosorption of Cr(VI) y Ni (II) by natural sugarcane bagasse, *Applied Water Science*, 8 (2), 1–8, 2018.