

Modifikovana otpadna prediva pamuka i pamuk/poliestra kao adsorbenti za uklanjanje organskih boja iz otpadnih voda

Nataša V. Karić¹, Jovana S. Olujić², Marina M. Maletić¹, Marija M. Vukčević², Katarina V. Trivunac², Mirjana Đ. Ristić², Aleksandra A. Perić Grujić²

¹ *Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd, Srbija*

² *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija*

U cilju dobijanja adsorbenata za uklanjanje organskih boja iz otpadnih voda, u okviru ovog rada su primenjene dve vrste industrijskih otpadnih materijala. Otpadna prediva pamuka i mešavine pamuk/poliestar modifikovana su korišćenjem smeše natrijum karboksimetil celuloze i letećeg pepela. Karakterizacija polaznih i modifikovanih prediva izvršena je skenirajućom elektronskom mikroskopijom i infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom, dok je adsorpcija metilensko plavog i metil oranža primenjena za ispitivanje efikasnosti uklanjanja. Svi ispitivani uzorci pokazuju bolju efikasnost u uklanjanju metilensko plavog, a primenjena modifikacija povećava adsorpcionu efikasnost skoro dva puta. Pokazano je da se kombinovanjem dve vrste otpada, pamučnog prediva i letećeg pepela, dobijaju visoko efikasni adsorbenti za uklanjanje metilensko plavog iz vode.

Uvod

Organske boje predstavljaju jednu od najčešće detektovanih zagađujućih materija u industrijskim otpadnim vodama (iz tekstilne industrije, industrije kože, kozmetičke industrije i industrije papira). Neke od organskih boja pokazuju visok nivo biotoksičnosti, i mogu negativno uticati na zdravlje ljudi. Stoga je, od suštinskog značaja, uklanjanje boja iz otpadnih voda pre ispuštanja u recipijente [1,2]. Među standardnim metodama koje se koriste za prečišćavanje vode, jedna od najefikasnijih, a uz to i najjednostavnijih i najjeftinijih, je adsorpcija. Kao specifičan vid reciklaže, poslednjih godina se različiti, jeftini i lako dostupni otpadni materijali koriste za dobijanje adsorbenata. Ovakva ponovna primena otpadnih materijala dovodi do smanjenja troškova odlaganja otpada, uz istovremeno ispunjenje zahteva cirkularne ekonomije, održivog razvoja i očuvanja životne sredine. Stoga je u ovom radu ispitana mogućnost dobijanja efikasnih adsorbenata za uklanjanje boja iz vode, polazeći od otpadnih materijala dostupnih u Srbiji u velikim količinama. Leteći pepeo, dobijen iz termoelektrana kao sporedni proizvod, korišćen je za modifikaciju i poboljšanje adsorpcione efikasnosti prediva pamuka i mešavine pamuka i poliestra, koja su dobijena kao otpad iz tekstilne industrije. Metilensko plavo (MB) i metil oranž (MO) su primenjeni kao modeli katjonske i anjonske boje za ispitivanje adsorpcione efikasnosti nemodifikovanih i modifikovanih prediva. Takođe, ispitan je uticaj prisustva poliestarske komponente i primenjene modifikacije na adsorpcionu efikasnost.

Materijal i metode

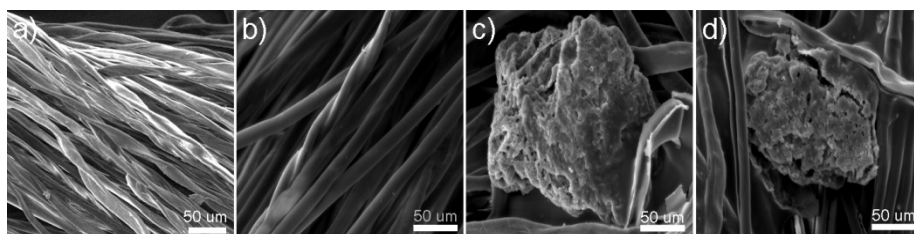
Otpadno pamučno predivo (P) i otpadna mešavina pamuk/poliestar (50 % pamuk-50 % poliestar) (P/PES) dobijeni su iz proizvodnih procesa tekstilne fabrike SIMPO Dekor (Vranje, Srbija). Modifikacija prediva (0,1 g) izvršena je u dva ciklusa. Odmereno predivo potopljeno je u 4 ml smeše 0,5 % vodenog rastvora natrijum karboksimetil celuloze i 0,1 g letećeg pepela, i nakon 10 minuta potapanja, predivo je sušeno 1h na 60 °C. Posle drugog ciklusa modifikacije, prediva su sušena na 60 °C, preko noći, a modifikovana prediva su obeležena kao P_{mod} i P/PES_{mod}, za modifikovani pamuk i pamuk/poliestar, redom. Morfološke karakteristike površine polaznih i modifikovanih uzoraka ispitane su skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM). Ispitivanje sadržaja funkcionalnih grupa na površini uzoraka prediva, izvršeno je metodom infracrvene spektrometrije sa Furijeovom transformacijom (FTIR). FTIR spektri uzoraka su snimljeni u opsegu talasnih brojeva 400–4000 cm⁻¹, sa rezolucijom 4 cm⁻¹. U cilju ispitivanja adsorpcione efikasnosti nemođifikovanih i modifikovanih prediva, izvršena je adsorpcija MB i MO. Uzorak prediva, mase 0,02 g, potopljen je u 20 ml vodenog rastvora boje, koncentracije 10 mg/dm³. Adsorpcija je vršena u šaržnom sistemu, na sobnoj temperaturi uz konstantno mešanje (150 o/min) u trajanju od 3 h. Koncentracija boje nakon adsorpcije merena je korišćenjem spektrofotometra za vidljivu oblast. Efikasnost adsorpcije (AE, %) ispitivanih prediva u uklanjanju organskih boja izračunata je primenom sledeće jednačine:

$$AE = 100 - \frac{C_e \cdot 100}{C_0}$$

gde su C_e i C₀ ravnotežna, odnosno početna koncentracija boje u mg/dm³.

Rezultati i diskusija

Morfologija i struktura ispitivanih uzoraka prikazane su na Slici 1. Primećuje se spiralna uvijenost pamučnih vlakana, kao i nehomogenost i hrapavost njihove površine (Slika 1a).



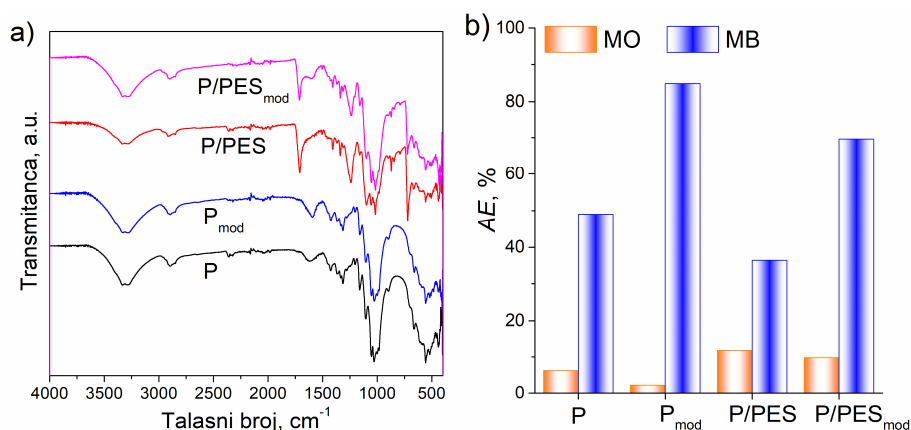
Slika 1. SEM fotografije a) P, b) P/PES, c) P_{mod} i d) P/PES_{mod}

Na Slici 1b, koja pokazuje nemođifikovano predivo pamuk/poliestar, pored pamučne komponente uočava se prisustvo i poliestarskih vlakana sa jednoličnom cevastom strukturom i glatkom površinom. Leteći pepeo je isprepletan između vlakana prediva (Slika 1c i 1d) i vezan za njih zahvaljujući dodatku natrijum karboksimetil celuloze.

FTIR spektri (Slika 2a), prikazuju sadržaj funkcionalnih grupa koje mogu predstavljati aktivna mesta za adsorpciju na površini ispitivanih uzoraka. Prisustvo široke trake u

opsegu $3350\text{-}3250\text{ cm}^{-1}$ kod svih uzoraka, potiče od vibracija istežanja O-H veze u hidroksilnoj grupi. Dva pika na oko 2900 cm^{-1} i 2850 cm^{-1} potiču od asimetričnih i simetričnih vibracija C-H veze u metil ili metilenskoj grupi molekula celuloze [3]. Karakteristične trake na spektru nemodifikovanih i modifikovanih uzoraka, koje se nalaze na oko 1600 cm^{-1} i u opsegu $1000\text{-}1160\text{ cm}^{-1}$ mogu biti posledica vibracija istežanja C=O i C-O veza u celulozi iz pamučne komponente [3]. FTIR spektri prediva P/PES i P/PES_{mod} imaju, u odnosu na spektre pamučnih prediva, dodatne pikove na 1710 cm^{-1} i 1240 cm^{-1} što ukazuje na prisustvo estarske grupe, dok pik na 1505 cm^{-1} potiče od vibracija aromatičnih prstenova u poliestarskim lancima [4]. Može se primetiti da primenjena modifikacija ne dovodi do promena u sadržaju grupa.

Efikasnost ispitivanih uzoraka u uklanjanju MO i MB iz vodenih rastvora prikazana je na Slici 2b. Svi ispitivani materijali pokazuju bolju adsorpcionu efikasnost u uklanjanju katjonske boje, zahvaljujući prisustvu hidroksilnih i karboksilnih grupa na površini pamučnih vlakana. Takođe, prisustvo poliestarske komponente ima negativan uticaj na efikasnost adsorpcije katjonske boje, dok neznatno povećava adsorpciju anjonske boje. Dobijeni rezultati ukazuju da primenjena modifikacija povećava efikasnost materijala za adsorpciju katjonske boje (MB), dok se efikasnost adsorpcije anjonske boje (MO) smanjuje.



Slika 2. FTIR spektri (a) i adsorpciona efikasnost (b) ispitivanih uzoraka

Zaključak

Modifikacijom prediva pamuka i mešavine pamuk/poliestar u prisustvu smeše natrijum karboksimetil celuloze i letećeg pepela dobijeni su efikasni adsorbenti za uklanjanje katjonske boje iz vodenog rastvora. Veća efikasnost u uklanjanju katjonske boje, i kod nemodifikovanih i kod modifikovanih uzoraka, može biti posledica prisustva hidroksilnih i karboksilnih grupa na površini pamučne komponente, dok prisustvo estarskih grupa na površini poliestarske komponente doprinosi neznatnom povećanju efikasnosti adsorpcije anjonske boje. Adsorpciona efikasnost, od preko 80 % za uklanjanje metilensko plavog, dobijena za modifikovano otpadno pamučno predivo, ukazuje da se, polazeći od dve različite vrste industrijskih otpadnih materija, mogu dobiti efikasni adsorbenti za uklanjanje katjonskih boja iz otpadnih voda.

Modified waste cotton and cotton/polyester yarns as adsorbents for removal of organic dyes from wastewater

Nataša V. Karić¹, Jovana S. Olujić², Marina M. Maletić¹, Marija M. Vukčević², Katarina V. Trivunac², Mirjana Đ. Ristić², Aleksandra A. Perić Grujić²

¹ Innovation Centre of Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

² University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

In order to obtain adsorbents for the removal of organic dyes from wastewater, two types of industrial waste materials were used in this study. Waste cotton and cotton/polyester yarns were modified using a mixture of sodium carboxymethyl cellulose and fly ash. Characterization of the unmodified and modified yarns was performed by scanning electron microscopy and infrared spectroscopy with Fourier transform, while the adsorption of methylene blue and methyl orange was used to examine the removal efficiency. All tested samples show better efficiency in removing methylene blue, and applied modification increase the adsorption efficiency almost twice. It has been shown that by combining waste cotton yarn and fly ash, highly efficient adsorbents for removal of methylene blue from water can be obtained.

Zahvalnica: Ova istraživanja finansirana su od strane Fonda za nauku Republike Srbije, kroz program IDEJE (Projekat SIW4SE, br. 7743343).

Literatura:

1. D. Robati, S. Bagheriyan, M. Rajabi, O. Moradi, A.A. Peyghan, *Phys. E* **2016**, 83, 1–6.
2. F. Kallel, F. Chaari, F. Bouaziz, F. Bettaieb, R. Ghorbel, S. Ellouz Chaabouni, *J. Mol. Liq.* **2016**, 219, 279–288.
3. S. Mihajlović, M. Vukčević, B. Pejić, A. Perić Grujić, M. Ristić, *Environ. Sci. Pollut. R.* **2020**, 27, 35769–35781.
4. S. Jiang, Z. Xia, A. Farooq, M. Zhang, M. Li, L. Liu, *Cellulose*. **2021**, 28, 3235–3248.