

Iwona RYPIŃSKA¹ i Marta BIEGAŃSKA¹

ADSORPCJA MIEDZI(II) I CYNKU(II) NA MODYFIKOWANEJ KORZE WIERZBY *Salix americana* *

ADSORPTION OF COPPER(II) AND ZINC(II) IONS ON MODIFIED *Salix americana* WICKER BARK

Abstrakt: Kora wierzby *Salix americana* stanowi odpad powstający w procesie korowania (uszlachetniania) wikliny, który do tej pory nie znalazł praktycznego zastosowania. Kora może adsorbować jony metali, ponieważ w swym składzie ma ugrupowania fenolowe zdolne do wymiany jonów. Ponadto zawiera barwniki, garbniki oraz ok. 20-45% ligniny i 10-35% celulozy i hemiceluloz, które również mogą brać udział w usuwaniu jonów metali z roztworów. Substancje te oraz ich pochodne mają dobre właściwości adsorpcyjne. W celu zwiększenia wydajności procesu adsorpcji prowadzi się modyfikację kory, m.in. kwasem azotowym. W pracy przedstawiono wyniki sorpcji jonów miedzi(II) i cynku(II) na zmodyfikowanej korze wierzby plecionkarskiej *Salix americana*. Kora modyfikowana była kwasem azotowym o stężeniach od 5 do 15%. Najlepsze rezultaty adsorpcji uzyskano, wykorzystując do modyfikacji 15% kwas azotowy. Przy czym czas modyfikacji w przypadku adsorpcji jonów Zn(II) wynosił 40 min, natomiast w przypadku jonów Cu(II) najlepsze rezultaty uzyskano po 120 min prowadzenia procesu. Wzrost wyjściowego stężenia miedzi(II) i cynku(II) powodował wzrost ich adsorpcji na zmodyfikowanej korze przy jednoczesnym zmniejszeniu stopnia usuwania Cu(II) i Zn(II). Strukturę powierzchniowych grup kory wierzby plecionkarskiej *S. americana* zbadano w podczerwieni przy użyciu spektroskopu z transformatą Fouriera metodą osłabionego całkowitego odbicia (FT-IR, ang. Fourier Transform Infrared spectroscopy).

Słowa kluczowe: adsorpcja, kora wierzby, miedź, cynk

Silny rozwój cywilizacji w dużym stopniu przyczynił się do gromadzenia jonów metali ciężkich w środowisku naturalnym. Związane jest to przede wszystkim z rozwojem wielu gałęzi przemysłu, takich jak: górnictwo, galwanizacja, metalurgia, garbowanie, produkcja baterii i inne procesy produkcyjne. Nagromadzenie metali ciężkich (Cu, Zn, Ni, Cd, Cr, Pb) w ściekach powoduje szkodliwe skutki dla zdrowia ludzi, zwierząt i roślin. Nadmierna ekspozycja na cynk może wywoływać gorączkę, typową chorobę zawodową robotników w hutach cynku i jego rud. Ponadto jako następstwo tych objawów występuje niedokrwistość, przewlekłe niezdytę dróg oddechowych, osłabienie, zaburzenia czynności serca oraz napady duszności. Natomiast obecność miedzi w dużych dawkach może być przyczyną poważnych kwestii toksykologicznych. Powoduje nudności, wymioty, bóle głowy, biegunkę, trudności w oddychaniu, niewydolność nerek, a w konsekwencji śmierć [1]. W rezultacie prowadzono różne badania dotyczące usuwania jonów metali ciężkich ze ścieków. Powszechnie techniki wykorzystywane do oczyszczania ścieków z metali ciężkich to: wymiana jonowa, odwrócona osmoza, koagulacja, strącanie chemiczne, filtracja membranowa, adsorpcja [2-6]. Metody te pomimo swojej skuteczności posiadają pewne wady, do których zaliczyć można wysoki koszt (np. węgli aktywnych czy wymienniczy jonowych), powstawanie dużych ilości osadów ściekowych oraz trudności z zagospodarowaniem adsorbentów i wymienniczy jonowych po ich użyciu [7]. Dlatego też

¹ Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań, tel. 61 856 93 81, email: iwona.rypinska@ue.poznan.pl

*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'12, Zakopane, 10-13.10.2012

w ostatnich latach można zaobserwować ogromne zainteresowanie adsorpcją, która pozwala na całkowite usunięcie jonów metali ciężkich z roztworów przy niskich stężeniach. Biorąc pod uwagę rachunek ekonomiczny, odpowiednimi i niedrogimi sorbentami mogą być naturalne surowce oraz odpady z przemysłu, które są dostępne w dużych ilościach oraz nie wymagają skomplikowanej obróbki. Mogą to być wyłoki owocowe [8, 9], kukurydza [10], skórka banana [11], pszenica oraz kolba i łodyga kukurydzy [12], a także kora wierzby [13]. Sorbenty te zawierają w swoim składzie takie substancje, jak: białka, ligninę i polisacharydy, które są zasocjowane z grupami funkcyjnymi odpowiedzialnymi za adsorpcję jonów metali [14].

Celem pracy była modyfikacja kory wierzby plecionkarskiej *Salix americana* kwasem azotowym o różnym stężeniu oraz określenie właściwości adsorpcyjnych zmodyfikowanej kory. Zbadano wpływ stężenia jonów miedzi(II) i cynku(II) oraz stężenia kwasu azotowego, użytego do modyfikacji na adsorpcję. Uzyskane wyniki porównano z danymi otrzymanymi w podobnych warunkach dla niezmodyfikowanej kory.

Metodyka badań

Do adsorpcji zastosowano korę wierzby *Salix americana*, pochodzącą z powiatu nowotomyskiego. Korę suszono w temperaturze 100°C przez 48 h. Następnie porcjami włókna rozdrabniano na mniejsze w młynku. Do analiz wykorzystano korę po przesianiu (frakcję < 0,212 mm), która była przechowywana w pojemnikach z polietylenu w eksykatorze.

Odważki ok. 6 g kory umieszczano w kolbach stożkowych i zadawano porcjami 50 cm³ wody dejonizowanej. Następnie kolby wytrząsano w temperaturze pokojowej pod próżnią. Wytrząsanie prowadzono przez 1,5 h. Po tym czasie dozowano 50 cm³ kwasu azotowego o określonym stężeniu i modyfikację prowadzono odpowiednio od 5 do 180 minut. Po szybkim przesączeniu korę przemywano wodą dejonizowaną i suszono w temperaturze pokojowej przez 48 h.

Tak przygotowaną korę zadawano porcjami roztworów CuCl₂ i ZnCl₂ zawierających: 20, 40, 50 i 100 mg Cu, Zn/ dm³. Kolbki wytrząsano przez 120 minut w temperaturze pokojowej. Zawartość kolbek po wytrząsaniu przenoszono do probówek wirówkowych i wirowano w celu rozdzielenia faz w wirówce przez 15 minut przy 4000 obr/min. Kolejno znad adsorbentu pobierano porcję roztworu i mierzono stężenia jonów Cu(II) i Zn(II) za pomocą atomowego spektrometru absorpcyjnego z atomizacją w płomieniu acetylenowo-powietrznym (F-AAS) przy długości fali $\lambda = 324,8$ nm dla miedzi oraz $\lambda = 213,856$ dla cynku.

Badanie struktury powierzchniowych grup kory wierzby plecionkarskiej *S. americana* wykonano w podczerwieni spektroskopem z transformatą Fouriera metodą osłabionego całkowitego odbicia (FT-IR, ang. Fourier Transform Infrared spectroscopy z przystawką odbiciową ATR, ang. Attenuated Total Reflectance) Spectrum 100 (Perkin-Elmer, Waltham, USA). W przypadku adsorpcji z roztworów wodnych ważną rolę odgrywa nie tylko struktura porowata adsorbentu, ale również obecność na jego powierzchni grup funkcyjnych, które pełnią rolę centrów aktywnych [15]. Bardzo często to właśnie te powierzchniowe grupy odpowiadają w największym stopniu za właściwości adsorpcyjne sorbentów. W literaturze można znaleźć wiele opisanych przykładów, wskazujących na

ogromne znaczenie różnych ugrupowań na powierzchni adsorbentu, biorących udział w procesie adsorpcji. Są to zarówno grupy funkcyjne naturalnie występujące na powierzchni sorbentu, a także celowo wprowadzone na drodze modyfikacji chemicznej [16-18].

Adsorpcję na niezmodyfikowanej korze prowadzono zgodnie z metodyką opisaną wcześniej [19].

Stopień usuwania badanych jonów z roztworu obliczono ze wzoru [20]:

$$A\% = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

gdzie: C_o - stężenie początkowe [mg/dm^3], C_e - stężenie po czasie t [mg/dm^3].

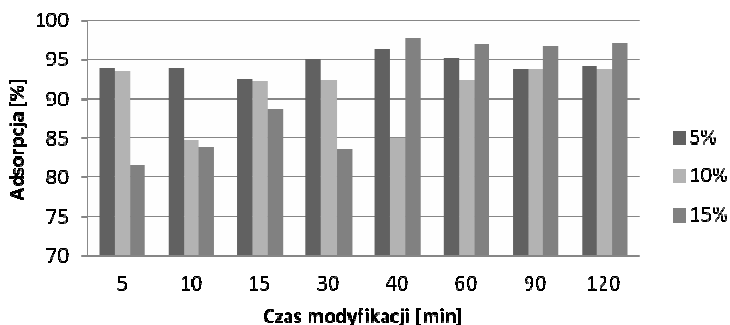
Natomiast zdolność kory do wiązania miedzi(II) i cynku(II) (q_e) została wyznaczona na podstawie wzoru [20]:

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{W} \times V$$

gdzie: C_o - stężenie początkowe [mg/dm^3], C_e - stężenie po czasie t [mg/dm^3], W - masa adsorbentu [g], V - objętość roztworu [dm^3].

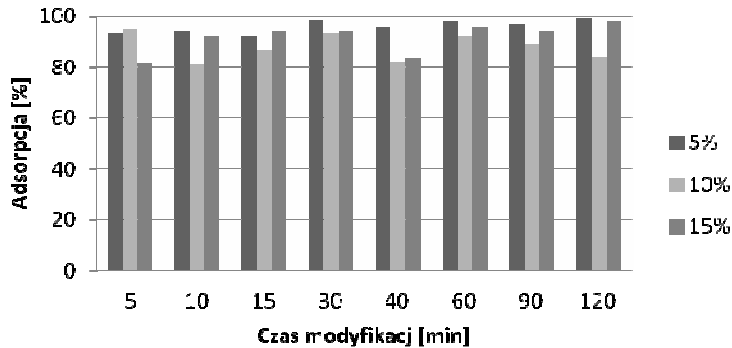
Wyniki badań i ich omówienie

W pierwszym etapie badań wykonano modyfikację kory wierzby *Salix americana* kwasem azotowym o określonym stężeniu (5, 10 i 15%) oraz czasie modyfikacji (od 5 do 180 min). Można zauważyć, że stopień usuwania jonów cynku(II) z roztworów dla wszystkich badanych czasów modyfikacji i stężeń HNO_3 nieznacznie się różni. W przypadku modyfikacji 15% kwasem azotowym stopień usuwania jonów cynku(II) wzrastał z czasem prowadzenia modyfikacji. Natomiast w przypadku jonów miedzi(II) stopień usuwania dla wszystkich badanych czasów modyfikacji i stężeń był zbliżony. Większymi możliwościami adsorpcji jonów Cu(II) i Zn(II) charakteryzowała się kora zmodyfikowana 15% kwasem azotowym. Przy czym najkorzystniejszy czas modyfikacji w przypadku adsorpcji jonów Zn(II) wynosił 40 min (rys. 1). Natomiast w przypadku jonów Cu(II) najlepsze wyniki uzyskano po 120 min prowadzenia procesu (rys. 2).



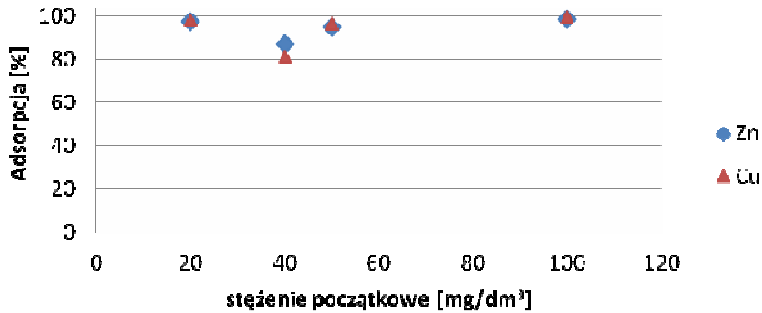
Rys. 1. Wpływ czasu modyfikacji 5, 10 i 15% kwasem azotowym na adsorpcję cynku(II). Czas wytrząsania 120 min, stężenie cynku(II) $20 \text{ mg}/\text{dm}^3$

Fig. 1. Effect of modification time with 5, 10 and 15% nitric acid on adsorption of zinc ions. Shaking time 120 min, initial Zn(II) concentration $20 \text{ mg}/\text{dm}^3$



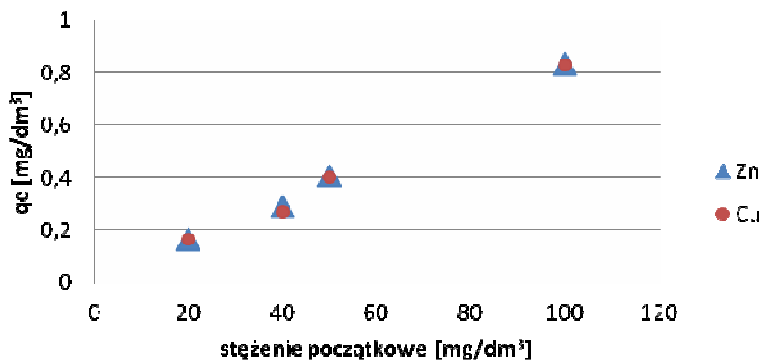
Rys. 2. Wpływ czasu modyfikacji 5, 10 i 15% kwasem azotowym na adsorpcję miedzi(II). Czas wytrząsania 120 min, stężenie miedzi(II) 20 mg/dm³

Fig. 2. Effect of modification time with 5, 10 and 15% nitric acid on adsorption of copper ions. Shaking time 120 min, initial Cu(II) concentration 20 mg/dm³



Rys. 3. Wpływ stężenia wyjściowego jonów Cu(II) i Zn(II) na stopień ich usuwania z roztworu przez korę. Czas wytrząsania 120 min, kora zmodyfikowana 15% HNO₃

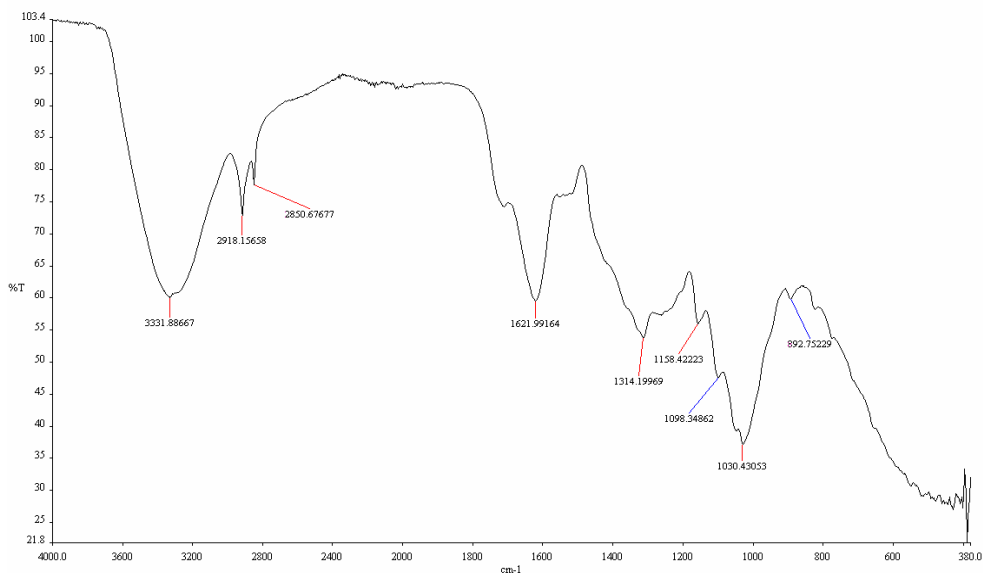
Fig. 3. Effect of initial Cu(II) and Zn(II) concentration on adsorption on wicker bark. Shaking time 120 min, wicker bark modified with 15% HNO₃



Rys. 4. Wpływ wyjściowego stężenia jonów Cu(II) i Zn(II) na ilość zaadsorbowanych jonów z roztworu przez korę. Czas wytrząsania 120 min, kora zmodyfikowana 15% HNO₃

Fig. 4. Effect of initial Cu(II) and Zn(II) concentration on the amount of adsorbed metal ions on wicker bark. Shaking time 120 min, wicker bark modified with 15% HNO₃

Kora zmodyfikowana adsorbowała jony Cu(II) i Zn(II) lepiej niż kora niezamodyfikowana [19]. Stopień usuwania jonów miedzi i cynku wynosił około 100% z roztworów o stężeniu 20, 50 i 100 mg/dm³, natomiast stopień usuwania jonów miedzi i cynku przy stężeniu 40 mg/dm³ wynosił ok. 80% (rys. 3). Jednocześnie ilość zaadsorbowanej miedzi(II) i cynku(II) zwiększała się ze wzrostem stężenia w roztworze (rys. 4). Czas wytrąsania wynosił 120 minut.

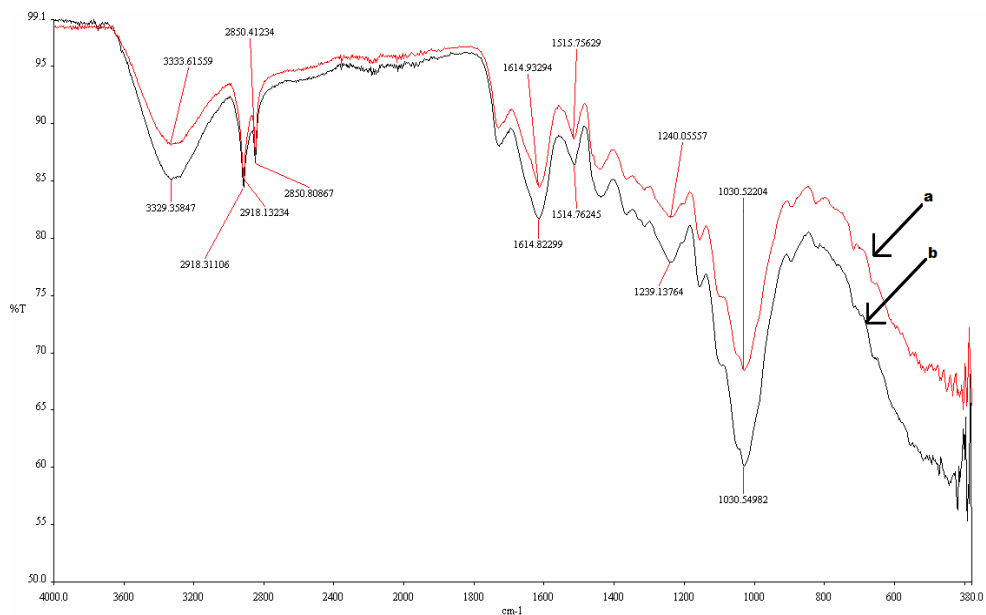


Rys. 5. Widmo FT-IR zmodyfikowanej 15% kwasem azotowym(V) kory wierzby *Salix americana* przed adsorpcją jonów Cu(II) i Zn(II)

Fig. 5. FT-IR spectrum of the modified with 15% nitric acid(V) *Salix americana* wicker bark before adsorption of Cu(II) and Zn(II) ions

Widmo zmodyfikowanej kory wikliny *S. americana* (rys. 5) posiada przebieg charakterystyczny dla węglowodanów [21]. Wyraźne, szerokie pasmo w zakresie 3700-2900 cm⁻¹ związane jest z drganiami rozciągającymi alifatycznych grup CH oraz grup OH alkoholi, fenoli i kwasów karboksylowych, a także wewnątrzcząsteczkowych wiązań wodorowych celulozy O^l₆-H...O^{ll}₃. Natomiast wąskie pasmo o nieco mniejszej intensywności przy około 2918 cm⁻¹ towarzyszy symetrycznym drganiom rozciągającym grupy CH₂ celulozy drzewnej. Z kolei sąsiadujące z nim pasmo przy około 2850 cm⁻¹ odpowiada drganiom rozciągającym alkenów oraz grup CH alkili łańcuchowych. Kolejne wyraźne pasmo w widmie kory *S. americana* widoczne jest dopiero przy około 1620 cm⁻¹. Jest ono wynikiem drgań zginających HOH wody adsorpcyjnej w strukturach ksyłanowych ksylooligosacharydów. Z kolei intensywność tego pasma wskazuje na niewielkie ilości zasocjowanej ligniny z hemicelulozami. Warto zwrócić uwagę na dwa pasma przy 1314,19 cm⁻¹ oraz 892,7 cm⁻¹, które wskazują na różne struktury celulozy. Pierwsze odpowiada strukturom krystalicznym (drgania zginające w płaszczyźnie grup HCH i OCH),

a drugie amorficznym. Ponieważ intensywność pasma pierwszego jest większa, zatem wskazuje to na większą zawartość struktur krystalicznych w celulozie. Ponadto pasmo przy $892,7\text{ cm}^{-1}$ odpowiada β anomerowym jednostkom D - mannopiranozy w hemicelulozach. Co więcej, pasmo przy $1314,19\text{ cm}^{-1}$ jest także wynikiem drgań grup CH_2OH i może świadczyć o obecności rotamerów tej grupy oraz o nakładających się na siebie symetrycznych i asymetrycznych drgań rozciągających grup COO^- . Natomiast pasma w zakresie $1400\text{--}905\text{ cm}^{-1}$ pochodzą od drgań rozciągających C-O-C eterów, a także drgań grup C-O estrów i karboksylanów. Dodatkowo występujące w tym rejonie pasmo przy $1158,4\text{ cm}^{-1}$ odpowiada drganiom grup C-O-C w anomerowych rejonach hemiceluloz. Największą intensywność ma za to pasmo przy $1030,4\text{ cm}^{-1}$, które związane jest z drganiami zginającymi w płaszczyźnie grup CH aromatycznych jednostek syringilowych i gwajacylowych ligniny. W tym rejonie występują również pasma typowe dla ksylianów, drgania rozciągające C-O eterów.



Rys. 6. Widmo FT-IR zmodyfikowanej 15% kwasem azotowym(V) kory *Salix americana* po adsorpcji jonów: a - Cu(II), b - Zn(II)

Fig. 6. FT-IR spectrum of modified with 15% nitric acid(V) *Salix americana* wicker bark after adsorption of: a - Cu(II), b - Zn(II)

Z uwagi na fakt, że grupy funkcyjne znajdujące się na powierzchni kory mogą brać udział w procesie adsorpcji jonów metali ciężkich, porównaniu poddano widma próbek kory po adsorpcji miedzi(II) oraz cynku(II) (rys. 6). W przypadku widm kory po adsorpcji badanych metali największa zmiana intensywności pasm w stosunku do widma kory przed adsorpcją zaobserwowana została przy 3331 cm^{-1} oraz przy $1621,99\text{ cm}^{-1}$. Sugerowało to interakcje Zn(II) ze składnikami polisacharydowymi kory, zawierającymi m.in. grupy

fenolowe, które najprawdopodobniej biorą udział w procesie wiązania badanych jonów na powierzchni adsorbentu. Fakt ten może potwierdzać osłabienie intensywności pasm oraz powstanie wiązań koordynacyjnych między wolną parą elektronów Zn^{2+} , Cu^{2+} i atomem tlenu grupy karbonylowej.

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań na zmodyfikowanej korze wierzby *Salix americana* wykazały, że materiał ten może adsorbować zarówno kationy Cu(II), jak i Zn(II). Zmodyfikowana kora okazała się lepszym adsorbentem jonów Cu(II) i Zn(II) niż kora niepoddana modyfikacji i wykazała większą pojemność adsorpcyjną. Na korze niezmodyfikowanej adsorpcja Cu(II) i Zn(II) wynosiła odpowiednio około 90 i 70% przy stężeniu 20 mg/dm^3 i czasie wytrząsania 120 min.

Stopień usuwania jonów miedzi(II) z roztworu dla wszystkich badanych czasów modyfikacji i stężeń HNO_3 był zbliżony. Widoczne były jednak różnice w adsorpcji [%] jonów Zn(II) przy różnych stężeniach kwasu i czasach modyfikacji. Największe różnice zaobserwowano w przypadku modyfikacji 15% kwasem azotowym, gdzie stopień usuwania jonów cynku(II) wzrastał z czasem prowadzenia modyfikacji.

Najkorzystniejsze wyniki adsorpcji osiągnięto przy modyfikacji 15% kwasem azotowym. Przy czym najlepsze rezultaty osiągnięto przez modyfikację prowadzoną przez 40 min dla cynku oraz przez 120 min dla miedzi. W większości badanych przypadków stopień usuwania badanych jonów z roztworu wynosił około 100%, natomiast przy stężeniu 40 mg/dm^3 stopień usuwania jonów miedzi i cynku wynosił ok. 80%. Czas wytrząsania w przypadku badanych adsorbentów wynosił 120 minut.

Ponadto ze wzrostem stężenia badanych jonów w roztworze ilość zaadsorbowanych jonów Cu(II) i Zn(II) rosła, a stopień usuwania ich z roztworu utrzymywał się na zbliżonym poziomie ok. 100%. Przedstawione na rysunkach 3 i 4 dane sugerują, że adsorpcja zarówno miedzi(II), jak i cynku(II) była nieselektywna.

Z analizy widma kory wierzby *Salix americana* wynika, że składa się ona z celulozy, hemiceluloz i ligniny, a także wielu innych substancji o charakterze alifatycznym i aromatycznym. Jej struktura stanowi więc złożoną mieszaninę substancji, w której dominują grupy hydroksylowe (OH), karboksylowe i karbonylowe.

Literatura

- [1] Tapiero H, Townsend DM, Tew KD. Trace elements in human physiology and pathology: Copper. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2003;57:386-398. DOI: 10.1016/S0753-3322(03)00012-X.
- [2] Kenyon GD, Chen Di, Bing Yan, Ping Dou Q. Copper-binding compounds as proteasome inhibitors and apoptosis inducers in human cancer. *Frontiers in Bioscience*. 2007;12:135-144. DOI: 10.2741/2054.
- [3] Uluozlu OD, Sari A, Tuzen M, Soyлак M. Biosorption of Pb(II) and Cr(III) from aqueous solution by lichen (*Permelina tiliaceae*) biomass. *Bioresour Technol*. 2008;99:2972-298.
- [4] Ghodbane I, Nouri L, Hamdaoui O, Chiha M. Kinetic and equilibrium study for the sorption of cadmium (II) ions from aqueous phase by eucalyptus bark. *J Hazard Mater*. 2008;152:148-158. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.06.079.
- [5] Al-Qudah Z. Biosorption of heavy metals ions from aqueous solutions by activated sludge. *Desalination*. 2006;196:164-176.
- [6] Patel S. Potential of fruit and vegetable wastes as novel biosorbents summarizing the recent studies. *Rev Environ Sci Biotechnol*. 2012;11:365-380. DOI: 10.1007/s11157-012-9297-4.

- [7] Chand R, Narimura K, Kawakita H, Ohto K, Watari T, Inoue K. Grape waste as a biosorbents for removing Cr (VI) from aqueous solution. *J Hazard Mater.* 2009;79:182-190. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.06.084.
- [8] Nawirska A, Kwaśniewska M. Frakcje błonnika w wytlókach z owoców. *Technol Alimentacyjna.* 2004;3(1):13-20.
- [9] Król S, Nawirska A, Usuwanie metali ciężkich na wytlókach owocowych w układach dynamicznych. *Technol Alimentacyjna.* 2003;2(1):21-29.
- [10] Zvinowanda CM, Okonkwoa JO, Sekhula MM, Agyei NM, Sadiku R. Application of maize tassel for the removal of Pb, Se, Sr, U and V from borehole water contaminated with mine wastewater in the presence of alkaline metals. *J Hazard Mater.* 2009;164:884-891. DOI:10.1016/j.jhazmat.2008.08.110. Epub 2008 Sep 10.
- [11] Memon JR, Memon SQ, Bhangar MI, Adel El-Turki A, Hallam KR, Allen GC. Banana peel: A green and economical sorbent for the selective removal of Cr(VI) from industrial wastewater. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* 2009;70: 232-237. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2008.12.032.
- [12] Saeiban M, Klasnja M, Skrbiać B. Adsorption of copper ions from water by modified agricultural by-products. *Desalination.* 2008;229:170-180. DOI: 10.1016/j.desal.2007.08.017.
- [13] Biegańska M, Cierpiszewski R, Wykorzystanie celulozy i kory wierzby *Salix americana* do adsorpcji miedzi z roztworów wodnych. *Proc ECOpole.* 2010;4(2):313-317.
- [14] Dhakal RP, Ghimire KN, Inoue K. Adsorptive separation of heavy metals from aquatic environment using orange waste. *Hydrometallurgy.* 2005;79:182-190. DOI: 10.1016/j.hydromet.2005.06.007.
- [15] Ziółkowska D, Shyichuk A, Syrotynska I. Sorption of cationic dyes onto barks and leaves of European trees. *Ars Separatoria Acta.* 2008;6:69-79.
- [16] Khokhotva O, Waara S. The influence of dissolved organic carbon on sorption of heavy metals on urea-treated pine bark. *J Hazard Mater.* 2010;173:689-696. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.08.149.
- [17] Argun ME, Dursun S, Ozdemir C, Karatas M. Heavy metal adsorption by modified oak sawdust: Thermodynamics and kinetics. *J Hazard Mater.* 2007;141:77-85. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.06.095.
- [18] Pehlivan E, Altun T, Parlayıcı S. Utilization of barley straws as biosorbents for Cu²⁺ and Pb²⁺ ions. *J Hazard Mater.* 2009;164:982-986. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.08.115.
- [19] Asadi F, Shariatmadari H, Mirghaffari M. Modification of rice hull and sawdust sorptive characteristics for remove heavy metals from synthetic solutions and wastewater. *J Hazard Mater.* 2008;154:451-458. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.10.046.
- [20] Navarini L, Gilli R, Gombac V, Abatangelo A, Bosco M, Toffanin R. Polysaccharides from hot water extracts of roasted *Coffea arabica* beans: isolation and characterization. *Carbohydrate Polymers.* 1999;40:71-81. DOI: 10.1016/S0144-8617(99)00032-6.
- [21] Dhakal RP, Ghimire KN, Inoue K, Yano M, Makino K. Acidic polysaccharide gels for selective adsorption of lead (II) ion. *Separation and Purification Technol.* 2005;42:219-225. DOI: 10.1016/j.seppur.2004.07.016.

ADSORPTION OF COPPER(II) AND ZINC(II) IONS ON MODIFIED *Salix americana* WICKER BARK

Department of Commodity Science and Ecology of Industrial Products, Faculty of Commodity Science
Poznan University of Economics

Abstract: *Salix americana* willow bark is a waste arising in the process of wicker decortication (operations) that so far has not found any practical application. The bark can adsorb metal ions as present in its composition phenolic groups are able to exchange ions. It also contains pigments, tannins and about 20-45% and 10-35% lignin, cellulose and hemicelluloses, which may also be involved in the removal of metal ions from solutions. These substances and their derivatives are known for good adsorption properties. To increase the efficiency of the adsorption by modification processes of the cortex with nitric acid were conducted. The results of sorption of copper(II) and zinc(II) on modified willow bark of *Salix Americana* were presented. The bark has been modified with nitric acid at concentrations ranging from 5 to 15%. Very good results of adsorption of the studied metal ions were observed for modification with 15% HNO₃. The optimum time of modification in the case of adsorption of Zn(II) was 40 min, whereas in the case of Cu(II) the best results were obtained after 120 min of the process. The increase of initial concentration of copper(II) and zinc(II) caused an increase in their amount of adsorption on modified willow bark while reducing the degree of removal of the ions.

Keywords: adsorption, willow bark, copper, zinc

