



mgr Magdalena Ptaszkowska-Koniarz

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.

**Materiały kompozytowe modyfikowane aminami i jonami miedzi  
oraz ich potencjalne wykorzystanie w procesach adsorpcji z fazy ciekłej**

Jedną z najskuteczniejszych metod oczyszczania ścieków jest adsorpcja. Wśród wielu sorbentów można wyróżnić materiały kompozytowe. Terminem *kompozyty* określa się materiały złożone z co najmniej dwóch komponentów o różnych właściwościach. Z uwagi na wysoką efektywność materiały kompozytowe mogą być z powodzeniem stosowane do usuwania szkodliwych zanieczyszczeń ze środowiska wodnego.

Struktura materiałów kompozytowych zależy głównie od typu prekursorów, warunków żelowania i sposobu suszenia. Organiczny żel uzyskuje się poprzez polimeryzację hydroksylowanej pochodnej benzenu oraz aldehydu przy użyciu rozpuszczalnika. Najczęściej stosowanymi w tym celu reagentami są: rezorcyna i formaldehyd. Po utwardzeniu, takie materiały nie mogą już być zakwalifikowane jako żele, ponieważ są one bardzo sztywne, nawet jeśli duża ilość wody jest wciąż obecna w sieci. W rzeczywistości materiały, z których można otrzymać żele węglowe, są nanokompozytami polimerowymi.

Obecnie żele węglowe wytwarza się w procesie karbonizacji nanokompozytu polimerowego. Przeprowadzona w ten sposób synteza prowadzi do powstania materiału charakteryzującego się wysoką porowatością i dobrze rozwiniętą powierzchnią właściwą. Wśród żeli węglowych, obok krio- i aeorożeli, wyróżnia się także kserożele węglowe, które są najtańsze i najłatwiejsze w produkcji.

Kserożele węglowe charakteryzują się nieuporządkowanym i niejednorodnym, jednak hierarchicznym systemem porowatym. Są materiałami o dobrze rozwiniętej powierzchni właściwej i kontrolowanym rozmiarze porów. Wykazują też wyjątkowo małą przewodność cieplną i dużą przewodność elektryczną, a dzięki możliwości wpływu na zmianę stosunku mikro-, mezo- i makroporów w ich strukturze można dostosować ich właściwości teksturalne do specyficznych zastosowań. Ponadto istotną cechą tych materiałów jest możliwość ich domieszkowania. Wszystkie te właściwości i cechy powodują, iż obecnie materiały te są w kręgu



zainteresowań wielu naukowców. Najnowsze badania skupiają się na modyfikacji kserożeli poprzez wprowadzenie jonów różnych metali, a także związków organicznych i nieorganicznych w celu rozszerzenia obszaru ich potencjalnych zastosowań.

Jednym z głównych obszarów zastosowań kserożeli węglowych, obok katalizy i ogniw paliwowych, jest adsorpcja. Dzięki dużej powierzchni właściwej oraz możliwości bardzo łatwego sterowania dystrybucją rozmiarów porów, materiały te powinny być idealnymi sorbentami.

Pomimo znacznego zainteresowania tymi materiałami, o czym wspomniano wyżej, badania i uzyskane na ich podstawie wyniki dotyczące materiałów kompozytowych modyfikowanych zarówno organicznymi grupami funkcyjnymi, jak i jonami metali nie należą do powszechnych w literaturze tematu. Z tego powodu jest to innowacyjny i ciekawy kierunek badań, który może prowadzić do zwiększenia zakresu ich potencjalnych zastosowań.

Zwiększające się zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych skłania do poszukiwania coraz to nowszych i skuteczniejszych adsorbentów węglowych. Dlatego zastosowanie modyfikatorów powierzchni może przynieść obiecujące rezultaty, przyczyniając się do zwiększenia pojemności sorpcyjnych wobec różnego typu chemikaliów, w porównaniu z próbkami niemodyfikowanymi.

Celem naukowym rozprawy doktorskiej była synteza i charakterystyka właściwości fizykochemicznych kompozytów polimerowych oraz węglowych jako efektywnych adsorbentów różnego rodzaju zanieczyszczeń z fazy ciekłej.

W ramach pracy doktorskiej nanokompozyty polimerowe oraz kserożele węglowe zostały zsyntetyzowane w procesie polikondensacji rezorcyny i formaldehydu w środowisku wodnym. Realizacja założonego celu obejmowała także modyfikacje powierzchni otrzymanych materiałów. Nanokompozyty polimerowe, będące produktem pośrednim w syntezie kserożeli węglowych, modyfikowano metyloaminą, a następnie impregnowano chlorkiem miedzi(II). W przypadku kserożeli węglowych, w pierwszej kolejności przeprowadzono utlenianie roztworem nadsiarczanu amonu, by następnie materiał funkcjonalizować grupami aminowymi za pomocą metyloaminy, etyloaminy, propyloaminy oraz etylenodiaminy. Kolejnym etapem była modyfikacja jonami miedzi, która odbywała się w oparciu o dwie metody, przy użyciu: chlorku miedzi(II) - na drodze impregnacji mokrej, a także octanu miedzi(II) - dodanego na etapie polikondensacji.



Właściwości strukturalne i teksturalne wszystkich otrzymanych materiałów zostały scharakteryzowane za pomocą różnych technik badawczych. Zsyntetyzowane kompozyty zastosowano w roli adsorbentów barwników organicznych (rodaminy B, żółcieni pomarańczowej FCF). Dodatkowo kserożele węglowe zostały wykorzystane w procesie usuwania zieleni brylantowej, błękitu tymolowego i kofeiny z fazy ciekłej.

Przeprowadzono także serie doświadczeń mających na celu sprawdzenie wpływu różnych parametrów (pH roztworu adsorbentu, temperatury) na pojemności sorpcyjne zsyntetyzowanych materiałów kompozytowych. Zbadano termodynamikę i kinetykę procesów sorpcji wybranych adsorbatów. Do interpretacji izoterm adsorpcji zanieczyszczeń na powierzchni zsyntetyzowanych materiałów kompozytowych zastosowano dwa modele izoterm: Langmuira i Freundlicha. Na podstawie otrzymanych współczynników korelacji dokonano doboru najlepszego dopasowania uzyskanych danych eksperymentalnych do krzywych teoretycznych.

W ramach realizowanej pracy doktorskiej wykazano, że nanokompozyty polimerowe stanowią nie tylko odpowiedni materiał wyjściowy do pozyskiwania obiecujących adsorbentów węglowych, takich jak kserożele węglowe, ale co istotne, odznaczają się wysoką efektywnością w usuwaniu barwników z roztworów wodnych. Przeprowadzone modyfikacje powierzchni materiałów kompozytowych grupami aminowymi i jonami miedzi(II) powodują znaczny wzrost ich pojemności sorpcyjnych względem badanych zanieczyszczeń w odniesieniu do niemodyfikowanych próbek. Wykonane badania pozwalają także stwierdzić, że kserożele węglowe obok zdolności do usuwania barwników z roztworów wodnych wykazują stosunkowo wysoką skuteczność w adsorpcji kofeiny. Otrzymane maksymalne pojemności sorpcyjne względem badanych zanieczyszczeń (barwników i kofeiny) są wyższe lub porównywalne w odniesieniu do pojemności sorpcyjnych uzyskiwanych przez różne adsorbenty prezentowane w literaturze. Ponadto po przeprowadzeniu odpowiednich procesów regeneracji zużyte materiały kompozytowe mogą być ponownie wykorzystywane w procesach adsorpcji.