



mgr Aleksandra Joanna Bazan-Woźniak

Pracownia Chemii Stosowanej

e-mail: [aleksandra.bazan@amu.edu.pl](mailto:aleksandra.bazan@amu.edu.pl)

### **Pozostałości po ekstrakcji nadkrytycznej surowców roślinnych jako prekursorzy adsorbentów węglowych**

Jednym z najskuteczniejszych sposobów oczyszczania gazów odlotowych oraz ścieków jest adsorpcja na węglach aktywnych. Węgłe aktywne to szeroka gama materiałów węglowych charakteryzujących się wysokim stopniem porowatości oraz silnie rozwiniętą powierzchnią właściwą, dzięki czemu wykazują one zdolność do adsorpcji związków chemicznych zarówno z fazy gazowej jak i ciekłej. Surowcami wykorzystywanymi do otrzymywania węgla aktywnych na skalę przemysłową są przede wszystkim węgle kopalne, torf, drewno oraz lignina. W ostatnich latach dużo uwagi poświęca się jednak pozyskiwaniu węgla aktywnych z różnego rodzaju porolniczych i poprodukcyjnych materiałów odpadowych. Wykorzystanie tego typu materiałów odpadowych stwarza bowiem możliwość rozwiązania dwóch problemów współczesnej ochrony środowiska. Zmniejsza się w ten sposób ilość odpadów przeznaczonych do składowania i jednocześnie zapewnia tani surowiec do otrzymywania adsorbentów węglowych o dobrych zdolnościach sorpcyjnych wobec różnego rodzaju zanieczyszczeń. Przykładem tego typu prekursorów mogą być: łupiny orzechów, pestki i skóry owoców, odpady pochodzące z przemysłu drzewnego, a także zużyte opony, żywice fenolowo-formaldehydowe oraz osady ze ścieków, stanowiące poważne wyzwanie dla gospodarki odpadami. Wartymi uwagi prekursorami mogą okazać się również odpady po ekstrakcji nadkrytycznej surowców roślinnych. Proces ten jest w ostatnim czasie wykorzystywany na szeroką skalę (między innymi do wydzielania barwników, aromatów czy kwasów tłuszczowych), gdyż stanowi efektywną alternatywę dla konwencjonalnych metod ekstrakcji. Ekstrakcja nadkrytyczna jest procesem, który zyskuje na znaczeniu i jest coraz częściej wykorzystywany, dlatego też ilość odpadów powstających w wyniku jego stosowania



z roku na rok będzie wzrastać. Możliwość wykorzystania odpadów po ekstrakcji nadkrytycznej do produkcji adsorbentów węglowych pozwoli nie tylko na ich zagospodarowanie, ale może również przyczynić się do zmniejszenia kosztów ich wytwarzania.

Przemysłowa produkcja węgla aktywnych opiera się na dwóch metodach, tj. aktywacji fizycznej i chemicznej. Proces aktywacji fizycznej obejmuje zwykle dwa etapy, tj. karbonizację prekursora w atmosferze gazu obojętnego, a następnie aktywację otrzymanego karbonizatu za pomocą tlenku węgla(IV), pary wodnej lub mieszaniny tych gazów. Z kolei aktywacja chemiczna opiera się na zaimpregnowaniu prekursora roztworem czynnika aktywującego ( $K_2CO_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $KOH$ ,  $ZnCl_2$ ), który następnie wygrzewany jest w wysokich temperaturach, w atmosferze gazu obojętnego. Właściwości fizykochemiczne węgla aktywnych zależą w dużej mierze od rodzaju użytego prekursora, a także metody oraz warunków temperaturowych i czasowych jego aktywacji.

Celem naukowym rozprawy doktorskiej było otrzymanie adsorbentów węglowych z pozostałości po ekstrakcji nadkrytycznej surowców roślinnych, charakterystyka ich właściwości fizykochemicznych oraz ocena przydatności pod kątem usuwania zanieczyszczeń z fazy gazowej i/lub ciekłej.

Przeprowadzone badania obejmowały otrzymanie węgla aktywnych z pozostałości po ekstrakcji nadkrytycznej tak surowców roślinnych jak: kwiaty rumianku i nagietka oraz szyszki chmielu. W ramach realizowanej pracy doktorskiej wykorzystano dwie metody produkcji adsorbentów węglowych. Aktywacja fizyczna obejmowała karbonizację prekursorów w różnych wariantach temperaturowych, w atmosferze gazu obojętnego. Następnie przeprowadzona została aktywacja karbonizatów za pomocą tlenku węgla(IV). Ponadto adsorbenty węglowe syntezowano na drodze aktywacji chemicznej, wykorzystując jako czynniki aktywujące węglan sodu i potasu.

W kolejnym etapie badań otrzymane adsorbenty węglowe poddano charakterystyce fizykochemicznej, która obejmowała: pomiary teksturalne, oznaczenie zawartości powierzchniowych tlenowych grup funkcyjnych oraz pomiar pH ich wyciągów wodnych.



Ponadto, dla części prekursorów i materiałów węglowych przeprowadzono analizę elementarną oraz badanie stabilności termicznej.

Z przeprowadzonych badań wynika, że otrzymane adsorbenty węglowe wykazują zróżnicowane właściwości fizykochemiczne, na które decydujący wpływ miał przede wszystkim rodzaj użytego do badań materiału wyjściowego oraz metoda jego aktywacji. Węgłe aktywne otrzymane na drodze aktywacji fizycznej pozostałości po ekstrakcji nadkrytycznej surowców roślinnych charakteryzują się wyraźnie zasadowym charakterem powierzchni, niezbyt silnie rozwiniętą powierzchnią właściwą oraz mezoporowatym charakterem struktury. Z kolei aktywacja chemiczna materiałów poekstrakcyjnych prowadzi do otrzymania mikroporowatych sorbentów węglowych o powierzchni wewnętrznej mieszczącej się w przedziale od 297 do 1095 m<sup>2</sup>/g. Ponadto próbki otrzymane poprzez aktywację chemiczną pozostałości po ekstrakcji nadkrytycznej surowców roślinnych posiadają na swojej powierzchni znaczną przewagę ugrupowań kwasowych nad zasadowymi. W kolejnym etapie badań otrzymane adsorbenty węglowe poddano ocenie przydatności pod kątem usuwania toksycznych gazów reprezentowanych przez tlenek azotu(IV). Uzyskane wyniki potwierdziły, iż otrzymane węgle aktywne charakteryzują się dobrymi zdolnościami sorpcyjnymi wobec NO<sub>2</sub>. W zależności od warunków prowadzenia testu adsorpcyjnego uzyskano pojemności mieszczące się w zakresie od 2,0 do 155,3 mg NO<sub>2</sub>/g<sub>ads</sub>.

W ramach realizowanej pracy doktorskiej wykazano, że część z otrzymanych węgli aktywnych obok zdolności do pochłaniania zanieczyszczeń gazowych, wykazuje wysoką skuteczność w usuwaniu z fazy ciekłej zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych o rozmiarach zbliżonych do cząsteczek błękitu metylenowego i jodu. Co więcej, otrzymane wyniki w wielu przypadkach okazały się wyższe niż pojemności sorpcyjne uzyskiwane dla dostępnych na rynku produktów komercyjnych.

Przeprowadzone badania pozwalają zatem stwierdzić, że pozostałość po ekstrakcji nadkrytycznej surowców roślinnych może stanowić alternatywny materiał wyjściowy do pozyskiwania adsorbentów węglowych, charakteryzujących się wysoką skutecznością w usuwaniu zanieczyszczeń z fazy gazowej i ciekłej.