

STRESZCZENIE

Zanieczyszczenie środowiska metalami jest jednym z najbardziej aktualnych problemów na całym świecie. Ze względu na bioakumulację i toksyczność metali stwarzają one duże zagrożenie dla ludzi i środowiska. Opracowano wiele metod usuwania tego typu zanieczyszczeń. Do najpowszechniej stosowanych należą metody adsorpcyjne, gdzie stosuje się szeroką paletę sorbentów mineralnych i organicznych. Jednym z alternatywnych sorbentów metali mogą być osady pochodzące z procesów uzdatniania wody (WTRs), w szczególności z procesów uzdatniania wody podziemnej (GWTRs). Osady takie są produktem ubocznym z procesów uzdatniania. GWTRs po odwodnieniu i suszeniu są deponowane na składowiskach znajdujących się przy stacjach uzdatniania wody, jednak kluczowym byłoby znalezienie sposobu ich zagospodarowania, który może być korzystny zarówno z punktu widzenia środowiska, jak i ekonomii.

Celem badań przeprowadzonych było wykonanie analiz składu fazowego, chemicznego, cech fizykochemicznych GWTRs oraz określenie ich właściwości sorpcyjnych względem wybranych metali. Do badań składu i cech osadów wykorzystano metody: dyfrakcję rentgenowską (XRD), fluorescencję rentgenowską (XRF), spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), termogravimetryczną, różnicową termogravimetryczną i różnicową analizę termiczną (odpowiednio TG, DTG i DTA), skaningową mikroskopię elektronową (SEM) ze spektroskopią dyspersji energii (EDS), optyczną spektrometrię emisyjną ze wzbudzeniem plazmy indukcyjnie sprzężonej (ICP-OEP), spektroskopię fotoelektronów (XPS), pomiar powierzchni właściwej (BET), wyznaczenie punktu izoelektrycznego (pH_{IEP}). Ponadto, przygotowano opracowanie, które jest krytycznym przeglądem literatury, w którym opisano WTRs jako sorbenty metali ciężkich. Kolejnym celem pracy doktorskiej było określenie zdolności sorpcyjnych GWTRs względem następujących metali: Cd(II), Cu(II), Pb(II), Zn(II) i Cr(III), w tym określenie wpływu czasu kontaktu, stężenia początkowego, temperatury reakcji i pH na efektywność sorpcji metali. Dodatkowym celem było wykonanie modelu równowagi adsorpcji oraz wyznaczenie parametrów kinetyki i termodynamiki procesu sorpcji. Dla opisanego mechanizmów sorpcji metali wykonano charakterystykę osadów po sorpcji przy użyciu metod instrumentalnych: XRD, FTIR, SEM-EDS i XPS.

GWTRs charakteryzuje amorficzna postać, a głównym składnikiem jest ferrihydryt z niewielkimi domieszkami kwarcu i kalcytu. W składzie osadów dominują związki żelaza (32-55% Fe_2O_3), krzemu (4-28% SiO_2) i wapnia (4-17% CaO). Ziarna GWTRs mają nieregularny kształt i zmienną wielkość, z tendencją do tworzenia agregatów wielkości kilku mikrometrów.

Udział pierwiastków śladowych, takich jak As, Ba, Sr, Zn, Cr, czy Sr jest stosunkowo niewielki i zbliżony do tego występującego w glebach, a większość metali i metaloidów występuje w stabilnych formach. GWTRs są materiałami mezoporowatymi (izotermy adsorpcji typu II i typu IV z pętlą histerezy H3) o stosunkowo dużej powierzchni właściwej (49-246 m²/g). Wartość punktu izoelektrycznego mieści się w zakresie pH 4,0 – 4,5.

Osady reprezentujące GWTRs wykazują bardzo dobre właściwości sorpcyjne względem metali, porównywalne z komercyjnie stosowanymi sorbentami. Sorbują od kilkudziesięciu do 230 g metalu na kg sorbentu. Optymalne warunki sorpcji to pH 5-8, czas reakcji 4-5 h i temperatura 25°C. Model pseudo-drugiego rzędu najlepiej opisuje kinetykę reakcji, co wskazuje, że dominującym mechanizmem unieruchamiania metali jest chemisorpcja. Model izotermy Langmuira obrazuje dane równowagi dla układu metal-sorbent znacznie lepiej, niż model izotermy Freundlicha i Temkina. Uzyskane dane termodynamiczne wskazują, że sorpcja jest przypadkowa i endotermiczna. Metale są usuwane z roztworu poprzez tworzenie kompleksów sfer wewnętrznych, tzn. gdy jony wiążą się bezpośrednio z powierzchnią sorbentu, bez pośredniczących cząsteczek wody. Dodatkowym mechanizmem jest współstrącanie ze związkami żelaza i wbudowywanie w strukturę ferrihydrytu lub wytrącanie się w postaci własnych faz mineralnych, takich jak węglany, tlenki czy wodorotlenki metali.

Wyniki badań pozwoliły na poznanie charakteru osadów powstających w procesie uzdatniania wody, a także dowiodły, że GWTRs mogą być wykorzystywane w procesach sorpcyjnych. Otrzymane rezultaty mogą mieć zastosowanie w ochronie środowiska, zarówno przy wykorzystaniu odpadów, jak i oczyszczaniu wody.

Magdalena Likus

Magdalena Likus