

prof. nzw. PCz dr hab. inż. Jarosław Rajczyk*
 prof. nzw. PCz dr hab. inż. Marlena Rajczyk*
 mgr inż. Paweł Helbrych*
 mgr inż. Alina Pietrzak*

Sorbenty mineralno-organiczne w ratownictwie proekologicznym

Organic mineral sorbents rescue ecological

Streszczenie. W artykule przedstawiono charakterystykę sorbentów wykorzystywanych w ratownictwie w Polsce. Omówiono zasady stosowania oraz podstawowe właściwości sorbentów mineralno-organicznych. Ponadto wskazano kierunek badań tych sorbentów oraz omówiono aspekt ekonomiczny zużycia sorbentów na przykładzie zanieczyszczenia w postaci 100 l plamy oleju napędowego. Przedstawiono wstępne wyniki badań nad nowym typem sorbentu organiczno-mineralnego wykonanego na bazie torfu pozyskiwanego z okolic Częstochowy i Radomska, modyfikowanego popiołem po spaleniu drewna i celulozy, badanego w Katedrze Technologii Procesów Budowlanych i Materiałowych na Wydziale Budownictwa Politechniki Częstochowskiej.

Słowa kluczowe: sorbenty, sorpcja, ratownictwo, ekologia, torf.

Abstract. The article presents the characteristics of sorbents, which are used in rescue in Poland. Discussed rules for the application of sorbents and the basic properties of mineral and organic sorbents. Presented research direction organo-mineral sorbents and sorbent consumption costs discussed on the example of pollution that was created from a hundred liters of gas oil. Presents preliminary results of research on a new type of organic-mineral sorbent made based on peat harvested from the area of Częstochowa and Radom, modified by the addition of ash, which was created after the burning of wood and cellulose, which is studied in the Department for Technology Building Processes and Materials at the Faculty of Civil Engineering Technical University of Czestochowa.

Keywords: sorbents, sorption, rescue, ecology, peat.

Sorbenty wykorzystywane do odciążania substancji chemicznych i oleistych w ratownictwie to rozdrobione ciała stałe, których cząsteczki są tym lepsze, im większą mają powierzchnię chłonną. Cechą charakterystyczną sorbentu jest chłonność stanowiąca 30 – 350% masy własnej. Podczas sorpcji dochodzi też do innych procesów, np. do powierzchniowego wytrącania trudno rozpuszczalnych soli. Charakterystykę zjawiska sorpcji można określić na podstawie izotermii sorpcji, czyli zależności sorpcji od stężenia w roztworze lub ciśnienia substancji wchłanianej z zachowaniem stałej temperatury. **Sorbenty można podzielić na: mineralne; organiczno-mineralne; polimerowe syntetyczne.**

Stosowanie sorbentów jest uzasadnione w przypadkach, gdy niemożliwe jest zebranie skażenia w sposób mechaniczny lub gdy istnieje konieczność szybkiego usunięcia pozostałości zanieczyszczenia i dokładnego oczyszczenia terenu po wcześniejszym zastosowaniu zbierania mechanicznego. Sorbenty stosuje się głównie do likwidacji skażeń na powierzchniach gruntowych, asfaltowych, asfaltowo-betonowych, betonowych oraz na powierzchni wód [1, 2, 3].

Sorbenty mineralne

Sorbenty mineralne nieprzetworzone występują w postaci wysuszonych i pokruszonych minerałów. Charakteryzują się różnorodną wielkością ziaren, od pyłu do drobnego gresu, co przekłada się na ograniczoną chłonność (30 – 50%). Najczęściej po wchłonięciu zanieczyszczenia tworzą trudne do usunięcia z podłoża błoto. Masa nasypowa sorbentów nieprzetworzonych to 0,45 – 0,90 kg/l. Tego typu sorbenty narażone są na oddziaływanie wiatru, ze względu na wysoką zawartość pyłu, co powoduje konieczność ochrony dróg oddechowych i oczu podczas ich stosowania. Mała chłonność powoduje powstawanie dużej ilości odpadu, który wymaga utylizacji lub dodatkowej obróbki, co przekłada się na wysoki koszt procesu oczyszczania [1, 2].

Sorbenty mineralne kalcynowane występują najczęściej w formie granulatu o bardzo dobrze rozwiniętej powierzchni wewnętrznej, co przekłada się na zwiększenie absorpcji. Chłonność tego typu sorbentów, w zależności od typu, wynosi 60 – 120% masy własnej. Po wchłonięciu zanieczyszczenia sorbenty kalcynowane zachowują swoje właściwości fizyczne, minimalnie pylą, nie kruszą się, są twarde. Ich masa nasypowa to 0,45 – 0,60 kg/l. Sorbenty mineralne kalcynowane skutecz-

nie dosuszają zanieczyszczoną powierzchnię i nie oddają pochłoniętego zanieczyszczenia nawet pod wpływem nacisku [4].

Sorbenty organiczne modyfikowane

Sorbenty tego typu nadają się do likwidacji zanieczyszczeń ropopochodnych, roztworów wodnych i cieczy. Ich chłonność jest zróżnicowana i wynosi 70 – 400% ich masy. Nie nadają się do usuwania agresywnych zanieczyszczeń, takich jak stężone kwasy, zasady i substancje utleniające. Są palne i wymagają odpowiednich warunków do składowania. Masa nasypowa organicznych, naturalnych sorbentów to ok. 0,10 kg/l, co powoduje, że są narażone na podmuchy wiatru. Wolno chłoną ciecz. Stosowanie tego typu sorbentów na powierzchniach twardych jest ograniczone do pomieszczeń zamkniętych. Pod naciskiem oddają wchłoniętą ciecz. Nie chłoną wody. Najczęściej stosowane sorbenty organiczne to torf, trociny, drewno i kora oraz odpadowa celuloza z produkcji papieru i wyrobów bawełnianych [1, 2, 6, 7].

Sorbenty polimerowe syntetyczne

Sorbenty typu unisafe charakteryzują się dużą chłonnością. Niektóre rodzaje zawierają wskaźnik, który pod wpływem kwasu lub zasady zmienia kolor. Nadają

* Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa

się do stosowania przy wszystkich rodzajach zanieczyszczeń ciekłych, jednak do zbierania olejów i produktów ropopochodnych sorbent należy wcześniej uaktywnić za pomocą wody, co przekłada się na czas zbierania zanieczyszczenia i ilość powstałego odpadu. Z tego powodu ich stosowanie ogranicza się do warunków laboratoryjnych. Nie nadają się do stosowania przy dużych rozlewiskach podczas akcji ratowniczych, wypadków lub awarii [2, 8, 9].

Twarde zmielone pianki poliuretano-we należą do grupy sorbentów hydrofobowych. Nie wchłaniają wody, są palne. Stosuje się je do usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych i cieczy niemieszających się z wodą. Masa nasypowa tego typu sorbentów wynosi 0,10 – 0,45 kg/l, np. przetworzonej, zmielonej, twardej pianki poliuretanej 338 g/l [3, 7, 10]. Zaleca się ich stosowanie przy bezwietrznej pogodzie. Charakteryzują się dobrą chłonnością na poziomie 100 – 300% ich masy.

Kierunek badań sorbentów organiczno-mineralnych

Przy doborze sorbentów do określonego zastosowania pomocne są kryteria oceny, do których należy zaliczyć:

- **chłonność sorbentu** – teoretyczna miara praktycznej przydatności sorbentu; jest to stosunek masy wchłoniętego oleju do masy luźnego sorbentu, który go wchłonił;
- **efektywność wykorzystania** rozumianą jako stosunek ciężaru zebranego oleju do faktycznie zużytego sorbentu;
- **zatrzymywanie oleju** – umożliwia ocenę zagrożenia wtórnym skażeniem środowiska na skutek uwalniania się związanego pierwotnie oleju;
- **plywalność** – istotny parametr przy usuwaniu skutków rozlewisk oleju na wodzie;
- **oddziaływanie na środowisko** – sorbenty i ich mieszaniny nie powinny rozpuszczać się przy kontakcie z wodą;
- **możliwość utylizacji** sorbentu nasyczonego – umożliwia określenie stopnia trudności w rozwiązywaniu problemu zużytego sorbentu;
- **dostępność** – kryterium to ma znaczenie przy dużych rozlewiskach olejowych; do powszechnie dostępnych sorbentów organicznych i mineralnych należy: słoma zbożowa, igliwie, torf, sproszkowana kora drzewna, trociny, liście, wapno palone, popiół po spalaniu materiałów organicznych, cement, glina, talk, piasek, wełna mineralna, węgiel wapnia.

Zużyte sorbenty wraz z zaabsorbowaną substancją należy przygotować do transportu (do miejsca ich neutralizacji lub spalania) przez zamknięcie w szczelnych pojemnikach. Zużycie sorbentów podczas akcji ratowniczych przedstawia rysunek.

Aby usunąć	Potrzeba	Pozostaje po wchłonięciu oleju
100 l oleju napędowego	72,47 kg sorbentu o chłonności 117%	157,27 kg odpadu (sorbent + olej napędowy)
100 l oleju napędowego	84,80 kg sorbentu o chłonności 100%	169,60 kg odpadu (sorbent + olej napędowy)
100 l oleju napędowego	106 kg sorbentu o chłonności 80%	190,80 kg odpadu (sorbent + olej napędowy)
100 l oleju napędowego	282,65 kg sorbentu o chłonności 30%	367,45 kg odpadu (sorbent + olej napędowy)

Zużycie sorbentów podczas akcji ratowniczych na przykładzie 100 l zanieczyszczenia olejem napędowym

Koszty usunięcia 100 l oleju napędowego za pomocą dostępnych sorbentów można policzyć wg wzoru:

$$(Z_s \cdot C_s) + (I_o \cdot C_o) = C_k$$

gdzie:

Z_s – ilość zużytego sorbentu [kg] do usunięcia 100 l oleju napędowego;
 C_s – cena sorbentu za 1 kg;
 I_o – ilość powstałego odpadu [kg];
 C_o – cena za odbiór 1 kg odpadu;
 C_k – całkowity koszt usunięcia 100 litrów oleju napędowego.

Najbardziej dostępne oraz bardzo skuteczne są organiczne sorbenty naturalne, które mogą być stosowane w postaci luźnej (maty, baloty zaporowe, poduszki) lub w postaci granulatu. Zatrzymana przez nie ciecz, o ile jest palna, może być łatwo zlikwidowana przez spalanie. Dobrymi właściwościami charakteryzuje się również torf pozyskiwany w okolicach Częstochowy i Radomska, który po odpowiedniej obróbce, prowadzącej do zwiększenia hydrofobowości, odznacza się dużą skutecznością absorpcji i adsorpcji. Ich skuteczność sorpcyjną przedstawiono w tabeli [2].

W warunkach nadzwyczajnych zagrożeń celowe jest wykorzystanie lokalnych zasobów surowcowych, które można zaliczyć do naturalnych sorbentów organicznych. Trzeba zaznaczyć, że zdolność zatrzymywania cieczy przez sorbenty naturalne jest znacznie większa niż sorbentów nieorganicznych i wynosi od kilku części wagowych w przypadku trocin, kory, liści i igliwia do kilkudziesięciu części wagowych w przypadku odpo-

Właściwości wybranych sorbentów organicznych

Typ sorbentu [kg]	Chłonność oleju mineralnego	
	[%]	[l]
Sorbent na bazie kory drzewnej (5 kg)	227	14
Na bazie gliny kaolinowej i wapienia (5 kg) – może być użyty do neutralizacji kwasów i zasad	60	2,8
Nowy typ sorbentu organiczno-mineralnego, torf, modyfikowany popiołem po spalaniu drewna i celulozy badany na Wydziale Budownictwa Politechniki Częstochowskiej (5 kg)	270	16

wiednio zmodyfikowanego torfu. Sorbenty nieorganiczne można stosunkowo łatwo pozyskać z budownictwa i ciepłownictwa.

Literatura

- [1] Rajczyk J.: Analiza chłonności sorbentów organicznych i nieorganicznych w usuwaniu sorbatów olejowych. VI Międzynarodowa konferencja pt. „Bezpieczeństwo Pożarowe Budowli”, SGSP, Warszawa – Wesoła, 18 – 19 listopada 2008, s. 467 – 473.
- [2] Rajczyk J., Rajczyk Z., Paleczek W.: Modyfikowane sorbenty organiczne do usuwania płynnych substancji olejowych i ropopochodnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 158 – Budownictwo 10, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2004.
- [3] Majchrzak-Kuceba J., Nowak W.: Modyfikacja popiołów lotnych w sorbenty i nanomateriały – doświadczenia laboratoryjne, XVI Międzynarodowa Konferencja pt. „Popioły z Energetyki” Zakopane, 2009 s. 217 – 225.
- [4] Pastewski S., Zacharowski P., Mędrzycka K. red. J. Ozonek, M. Pawłowska: Usuwanie hydrofobowych zanieczyszczeń ropopochodnych z gleby metodą odmywania za pomocą roztworów związków powierzchniowo czynnych, Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej. T. 1, nr 58. Monografie Polskiej Akademii Nauk Komitet Inżynierii Środowiska, Lublin 2009.
- [5] Nowak J.: Bioremedacja gleb z ropy i jej produktów, praca przeglądowa. Biotechnologia, 1 (80). 2008 s. 97 – 108.
- [6] Wilczyński T.: Sorbenty. Podział i kryteria doboru. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 02/03/04. 2006, 155 – 160.
- [7] Kłypta Z., Żabiński W.: Sorbenty mineralne Polski, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2008.
- [8] Malej J., Sorbenty organiczne i mineralne w procesie oczyszczania ścieków. Rocznik Ochrony Środowiska, 11. 2009 s. 355 – 380.
- [9] Szymanek A.: Sorbenty z popiołów. Cz. II. Mokra odsiarczanie spalin. Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, nr 1. 2008, 17 – 24.
- [10] Woźniak M., Seweryn A.: Właściwości sorpcyjne modyfikowanych popiołów z węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Tom 24. Zeszyt 3. 2008 s. 339 – 349.