

**inż. Tomasz WILCZYŃSKI**

Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego

## **SORBENTY. PODZIAŁ I KRYTERIA DOBORU**

### **Streszczenie**

Omówiono podstawowy podział i kryteria, jakimi należy się kierować podczas doboru sorbentów.

### **Summary**

It discussed basic division and criterions which should be follow during selection sorbing agents.

### **Wstęp**

Ratownictwo chemiczne i ekologiczne jest ściśle związane z zagrożeniami, jakie stwarza stale rosnący poziom rozwoju technicznego. Powstawanie szeregu nowych technologii niesie za sobą wzrost zagrożeń powodowanych przez naturalną zawodność urządzeń, ich niedoskonały poziom techniczny oraz szeroko rozumiane błędy ludzkie. Szczególnie niebezpieczeństwo stwarza magazynowanie oraz masowo nasilający się, transport materiałów niebezpiecznych. W wyniku awarii, często połączonych z negatywnym wpływem sił przyrody, do otoczenia w sposób niekontrolowany przedostaje się corocznie duża ilość substancji chemicznych.

Substancjami, które najczęściej zagrażają środowisku są wszelkiego rodzaju produkty ropopochodne. Rozlewiska i zabrudzenia tymi substancjami zanieczyszczają gleby, powierzchnie utwardzone, a także wody. Chemikalia mają większy niż produkty ropopochodne zasięg oddziaływania, a ich zachowanie w środowisku naturalnym często uniemożliwia podjęcie skutecznej interwencji ratowniczej. Jednak w przypadku niewielkiego skażenia, przy natychmiastowej reakcji i w sprzyjających warunkach, działania ratownicze kończą się sukcesem.

Do skażenia środowiska może dojść w wyniku następujących sytuacji[1]:

- przez bezpośredni wyciek ze środków transportujących media niebezpieczne (np. transport kolejowy, samochodowe cysterny, tankowce),
- w wyniku rozszczelnienia rurociągów,
- z uszkodzonego oprzyrządowania platform wiertniczych,
- w wyniku wypadków motoryzacyjnych (każdy pojazd silnikowy zawiera szereg substancji szkodliwych dla środowiska).

W miarę dalszego rozwoju motoryzacji w naszym kraju, wraz z rozbudową autostrad, częstotliwość tego typu skażeń prawdopodobnie będzie stale wzrastać. Znajomość sposobów usuwania zanieczyszczeń oraz skuteczne ich zastosowanie podczas prowadzonych akcji ratowniczych będzie odgrywała coraz większą rolę. Kryteria doboru preparatów zbierających (sorbentów) oraz sposobu usunięcia skażenia są z punktu widzenia ochrony środowiska bardzo istotne. Często zamiast usuwać zanieczyszczenie przesuwa się je z jednego miejsca inne. W wyniku przedostania się do wód otwartych mogą pozostać na powierzchni, utrudniając wymianę gazową z atmosferą oraz przechodzenie światła niezbędnego do procesów asymilacyjnych. Wchłonięcie cząstek chemicznych czy ropopochodnych przez organizm żywy powoduje jego chorobę, degradację lub śmierć. Możliwy jest też mechanizm przenoszenia skażenia. Bardzo często dochodzi do tzw. bioakumulacji, która polega na gromadzeniu się w organizmie żywym cząstek substancji zanieczyszczającej środowisko w stężeniu większym niż w otoczeniu. Mają one z reguły właściwości toksyczne a nierzadko kancerogenne. Jeżeli organizm ten jest elementem łańcucha pokarmowego, możliwe jest przeniesienie zagrożenia zdrowia lub życia na inne organizmy. Kulminacja skażeń w glebie i wodzie gruntowej ma ujemne skutki zarówno dla przyrody, jak i dla nas. Szeroko rozumianymi kosztami takich kumulujących się w czasie skażeń obciążone są przyszłe pokolenia.

## **1. Podstawowe pojęcia**

*Sorpcja* – ogólna nazwa procesów pochłaniania powierzchniowego i objętościowego zachodzących jednocześnie w danym układzie[2],

*Adsorpcja* – zjawisko zewnętrznego pochłaniania par, gazów, par substancji stałych i ciekłych. Proces, w którym pochłonięty materiał jest rozmieszczony na powierzchni materiału adsorbującego[3],

*Absorpcja* – zjawisko zewnętrznego i wewnętrznego pochłaniania par, gazów, par substancji stałych i ciekłych. Proces, w którym pochłonięty materiał jest rozmieszczony w całej masie materiału absorbującego[3],

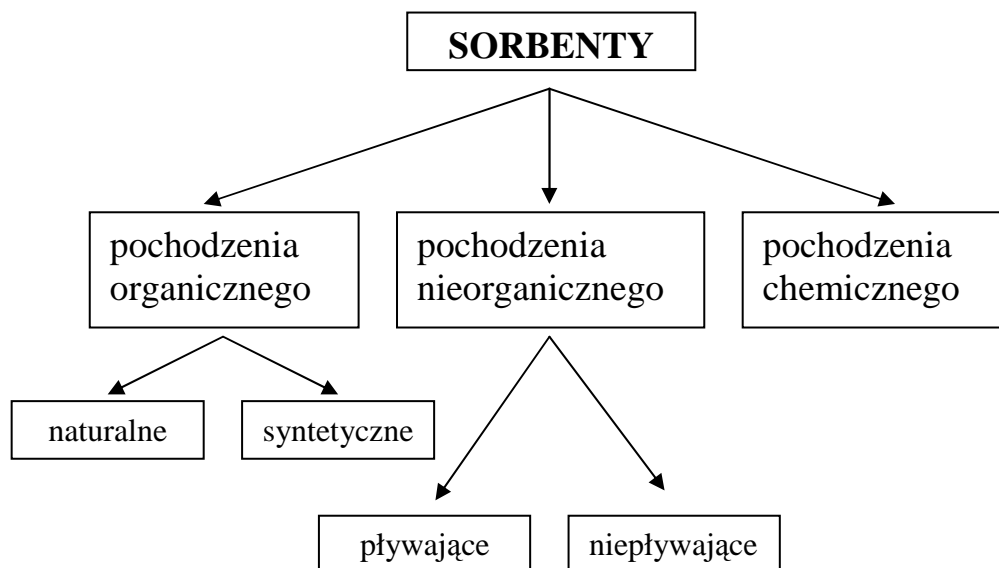
*Ciała porowate* – nazywamy ciała stałe, które mają dużą liczbę pustych przestrzeni o wielkości względnie małej w porównaniu z wymiarem charakterystycznym samego ciała. Przestrzenie takie, niezależnie od ich kształtu, nazywamy *porami*[4].

## **2. Podział sorbentów**

Sorbenty to najogólniej mówiąc materiały porowate, które wykorzystywane są do zbierania, zatrzymywania i pochłaniania przede wszystkim różnego rodzaju cieczy, takich jak: oleje, substancje ropopochodne, kwasy, zasady, woda oraz inne płynne substancje. Sorbentami mogą być wszystkie substancje posiadające zdolność zatrzymywania toksycznych cieczy wewnątrz (proces absorpcji) lub na swojej powierzchni (proces adsorpcji), jak również wykorzystujące obydwie zjawiska jednocześnie[4]. Często wymienionym zjawiskom fizycznym mogą również towarzyszyć reakcje chemiczne, wspomagające proces neutralizacji.

W chwili obecnej wraz z rosnącą świadomością proekologiczną oraz wymaganiami przepisów ochrony środowiska sorbenty wykorzystywane są m.in. w zakładach produkcyjnych, na stacjach benzynowych, magazynach, stacjach przeładunkowych i w innych miejscach, w których znajdują się substancje niebezpieczne. Wchodzą również w skład wyposażenia ADR samochodów, które przewożą takie substancje.

W miejscach gdzie może dojść do niespodziewanych wycieków sorbenty przechowywane są w formie zestawów awaryjnych lub apteczek ekologicznych - czyli kilku rodzajów sorbentów zgromadzonych w jednym pojemniku. W przypadku awarii umożliwiają one szybką reakcję, powodując znaczne zmniejszenie skutków wycieku, a co za tym idzie zminimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Obecnie sorbenty, jako nowoczesny środek pochłaniania wycieków, wyparły w większości przypadków mało efektywne trociny, piasek czy czyściwo. Wyróżnia się trzy główne rodzaje sorbentów:



**Rys. 1 Podział sorbentów [4].**

## **SORBENTY POCHODZENIA ORGANICZNEGO**

### *Sorbenty organiczne naturalne.*

Są jednymi z najbardziej skutecznych i łatwo dostępnych sorbentów. Są to produkty roślinne wykorzystywane w różnej postaci np. proszku, siewki, otrąb, itp. Główną ich zaletą jest to, że można je po użyciu utylizować przez spalenie oraz to, że mają dobre właściwości utrzymywania się na wodzie. Spośród grupy sorbentów organicznych naturalnych najczęściej stosowane są:

- słoma zbożowa,
- siano,
- trociny,
- różnego typu gleby,
- trawa morska,
- liście,
- siewka zbożowa i inne.

Zwykle są to sorbenty jednorazowego użytku za wyjątkiem trawy morskiej. Z gleb, najlepszymi właściwościami sorpcyjnymi odznacza się torf, który po dodatkowej obróbce powiększania hydrofobowości jest najbardziej skuteczny. Dodatkowo podczas nadzwyczajnych zagrożeń wykorzystuje się lokalne zasoby surowców takie jak makulatura, skrawki materiałów i szmaty[4].

### *Sorbenty organiczne syntetyczne.*

Najczęściej stosuje się je w postaci pianek, pyłów, włókien i strzępek. Otrzymuje się je w procesie przerobu związków organicznych na drodze polimeryzacji, polikondensacji, poliaddycji lub przekształcania już istniejących produktów chemicznych. Łatwo dają się konfekcjonować w różnej postaci np. taśm, poduszek, trałów itp. Odznaczają się wysoką chłonnością, znacznie przewyższając chłonność sorbentów naturalnych, są nieszkodliwe dla środowiska. Pochłonięte substancje można odzyskać poprzez odwirowanie lub wyciśnięcie zanieczyszczonego sorbentu[5]. Najczęściej stosowanymi sorbentami syntetycznymi są: pianki poliuretanowe, pianki polietylenowe o różnych wymiarach porów, włókna nylonowe, polietylenowe, polipropylenowe, strużyny poliestrowe i inne.



**Fot. 1** Przykład kształtu i zastosowania sorbentów syntetycznych [6]



**Fot. 2** Zbieranie zanieczyszczeń przed zaporą wodną z użyciem sorpcyjnej wykładziny i sypanego sorbentu [7]

## **SORBENTY POCHODZENIA NIEORGANICZNEGO**

Zwykle są to materiały o rzeczywistym ciężarze właściwym większym od wody. Jeżeli posiadają zdolność pływania, to dzięki powietrzu zawartemu w porach. Takimi materiałami są:

- wełna mineralna,
- wełna szklana,
- pumeks.

Sorbenty nieorganiczne można dosyć łatwo pozyskać z budownictwa i ciepłownictwa. Należą do nich: maty szklane, które można stosować w naturalnej postaci, wełna mineralna (maty, poduszki i taśmy) oraz pumeks stosowany do celów izolacyjnych w postaci granulek.

Pozostałe, najczęściej stosowane sorbenty nieorganiczne nie posiadają zdolności pływania. Bardzo dużą podgrupę stanowią wśród nich minerały, skały i popioły.

Wśród minerałów można wyróżnić[8]:

- wernikulit,
- łupna mika,
- węglan wapnia,
- talk,
- tlenek wapnia,
- zeolity.

Pochodzenie skalne mają:

- glina,
- piasek,
- diatomit,
- cement.

## **SORBENTY POCHODZENIA CHEMICZNEGO**

Sorbenty chemiczne w większości przypadków powstają na drodze eksperymentalnej. Jednym z ich głównych atutów jest uniwersalność działania. Najbardziej znanymi i najczęściej stosowanymi są:

COMPACT – idealny do absorpcji paliw, kwasów i zasad. Niepalny granulatu mineralny. Pochłania szybko, nie oddając substancji absorbowanych, pozostawiając suchą powierzchnię. Można go stosować wielokrotnie,

UNI-SAFE – środek wiążący chemikalia i oleje, który bez ograniczeń może być zastosowany do wszystkich płynnych materiałów chemicznych. Jego skład wyklucza niebezpieczne reakcje, także w przypadku silnie reagujących i utleniających substancji. Przy zetknięciu z kwasami zielony środek wiążący zabarwia się na żółto, a przy kontakcie z ługiem lub innymi substancjami alkalicznymi przybiera barwę od ciemno-zielonej do niebieskiej. UNI-SAFE nie neutralizuje chemikaliów, jest to ważne dla dalszego obchodzenia się ze środkiem i usuwaniem. UNI-SAFE jest nieszkodliwy dla środowiska, nie jest trujący i alergogenny, jest również środkiem niepalnym i niewybuchowym, statycznie nieładowny, ABSOL – środek czyszczący do pochłaniania olejów, smarów, substancji ropopochodnych, neutralizacji kwasów, preparat antypoślizgowy, środek gaśniczy mniejszych ognisk pożaru, EKOPERL 66 oraz EKOPERL 99 – adsorbują i neutralizują kwasy,

ABSODAN 25/50 MESH – chłonie kwasy, zasady, związki palne, związki niepolarne organiczne, związki utleniające się, roztwory wodne i ciecze polarne,

DYNASORB ACIDSAFE – wchłania kwasy i zasady,

DAMOLIN – jest przyjazny dla środowiska i chemicznie obojętny. Jest granulatem mineralnym pochłaniającym kwasy, zasady, rozpuszczalniki oraz produkty ropopochodne a także wodę. Dzięki procesowi produkcji w wysokiej temperaturze, nawet po nasączeniu pozostaje twardy i trwale zatrzymuje pochłoniętą ciecz,

OIL-DRY – preparat stosowany do zwalczania rozlewisk olejowych, tłuszczu, paliw, emulsji olejowo wodnych itp.

### **3. Kryteria oceny przydatności sorbentów**

Podstawowymi parametrami branyymi pod uwagę podczas doboru sorbentów jest ich chłonność i cena.

Chłonność sorbentu (sorpcja sorbentu) jest miarą praktycznej przydatności sorbentu. Jest to stosunek masy wchłoniętej substancji (sorbatu) do masy luźnego sorbentu, który go wchłonał[4]. Natomiast cena ma tym większe znaczenie, im większe będzie zużycie sorbentu podczas akcji. Koszt jednorazowego zakupu sorbentów syntetycznych (w większości jednorazowego użytku) jest znacznie wyższy od ceny sorbentów naturalnego pochodzenia. Czasem może się okazać, że do zebrania substancji np. ropopochodnej wystarczy zastosować naturalny sorbent w postaci trocin czy torfu, powszechnie dostępnego i taniego, zamiast używać droższego syntetycznego sorbentu, który można wykorzystać w przypadku awarii ze znacznie bardziej niebezpieczną substancją.

Podsumowując: im wyższa chłonność sorbentu tym mniej potrzeba sorbentu do usunięcia rozlewiska, im wyższa chłonność sorbentu tym powstaje mniej odpadu. Tak, więc koszty związane z zakupem i utylizacją sorbentu będą mniejsze.

Istnieje jednak wiele innych aspektów, których nie należy pomijać. Jednym z nich jest pływalność. Parametr istotny przy usuwaniu rozlewisk na akwenach wodnych, mający mniejsze znaczenie przy działaniach na lądzie. Sorbenty naturalne wraz z upływem czasu toną, dlatego w czasie akcji, bardzo często stosowane są wraz z elementami wypornościowymi, jak np. komorami sorpcyjnymi. Sorbenty syntetyczne natomiast nie toną i mogą być stosowane samodzielnie[4]. Ważną cechą w przypadku doboru odpowiedniego sorbentu jest trwałość. Sorbent nie powinien zmieniać swoich właściwości podczas

magazynowania, nie może on chłonać wilgoci i nie ulegać zbrylaniu, co wiąże się bezpośrednio z aspektem ekonomicznym.

Następnym aspektem jest efektywność wykorzystania, czyli stosunek masy zebranej substancji do faktycznie zużytego sorbentu. Wskaźnik ten w odniesieniu do sorbentów używanych luzem jest miarą poprawności dawkowania. W przypadku przetworzonych form sorbentów (maty, poduszki, zapory) efektywność wykorzystania jest miarą ich przydatności do przewidywanych warunków rozlewu[8]. Ważne jest także zatrzymywanie substancji tak zwana ocena zagrożenia wtórnym skażeniem środowiska wskutek uwalniania się związanej pierwotnie w sorbencie substancji, przykładowo pod wpływem wzrostu temperatury otoczenia lub składowania w warstwach. Nie należy również zapominać o możliwość regeneracji sorbentu, a więc niejednokrotnego wykorzystania sorbentu do działań. Maksymalna ilość użycia przy zachowaniu pierwotnych (lub jak najbardziej zbliżonych), parametrów sorbentu. Kolejnym, ale równie ważnym kryterium jest dostępność mająca znaczenie przy występowaniu dużych rozlewisk. Dostępność znacznych ilości sorbentów w rejonie pola operacyjnego obniża znacznie koszty działań.

Sorbenty lub ich mieszaniny z sorbatami nie mogą rozpuszczać się przy kontakcie z wodą, tworzyć zanieczyszczeń, tonąć czy uwalniać toksycznych związków[8]. Stosowanie sorbentów nie powinno sprawiać trudności, zazwyczaj sorbenty nie mają specjalnych wymagań, co do ich stosowania, nanoszenia i zbierania. Sorbenty występujące w postaci mat, materacy, poduszek, taśm czy węży są proste w stosowaniu. Użycie polega na położeniu sorbentu na rozlaną substancję, pochłonięciu substancji przez sorbent i zebraniu go. Sorbenty sypkie trzeba rozsypać cienką warstwą na rozlaną ciecz (ręcznie lub przy użyciu dozownika), następnie po wchłonięciu trzeba sorbent zmieść szczotką i zebrać do przeznaczonego w tym celu pojemnika. Trudność w stosowaniu sorbentów sypkich może nastąpić podczas stosowania ich np. na silnym wietrze, także użycie mat na nierównych powierzchniach może okazać się kłopotliwe z powodu trudnego dopasowania się do podłoża.

Jednym z ostatnich kryteriów, odgrywającym istotną rolę w doborze sorbentów jest możliwość utylizacji nasyconego sorbentu. Stopień trudności z neutralizacją zużytego podczas akcji sorbentu. Optymalnym rozwiązaniem jest spalenie zużytych, nasączonych (substancje ropopochodne) sorbentów na miejscu działań. W trakcie procesu spalania nie powinna jednak nastąpić generacja nadmiernego zadymienia oraz uwalniania lotnych, toksycznych związków do atmosfery. Z utylizacją nasyconego odpadu jak i z wymienioną wcześniej ceną wiąże się odbiór odpadu. Istnieją firmy, które zapewniają odbiór nasyconego sorbentu (często nawet bezpłatnie) w celu wykorzystania go np. w przemyśle budowlanym.



Ostatnim z parametrów jest zakres zastosowania (uniwersalność), najważniejszy w przypadku, gdy nie wiadomo, z jakiego rodzaju substancją ma się do czynienia, kiedy nie ma czasu na identyfikację substancji z powodu zagrożenia zdrowia lub życia ludzkiego, oraz szybkiego rozprzestrzeniania się substancji. Uniwersalność również wiąże się z zajmowaniem miejsca np. w samochodzie.

## **Podsumowanie**

Proces usuwania skażeń z każdej powierzchni jest dosyć trudny i wymaga dużej znajomości zagadnień chemicznych, odpowiednio przeszkolonych ratowników, oraz odpowiedniego sprzętu i przygotowania organizacyjnego.

W czasie działań ratowniczych nie zawsze będzie możliwe uzyskanie informacji na temat parametrów danej substancji czy podłoża, w związku z tym tak ważne jest nawiązanie ścisłej współpracy z producentami niebezpiecznych substancji, z producentami środków i sprzętu używanego w akcjach, z instytutami naukowymi, ze specjalistami z zakresu chemii, z lekarzami o specjalizacji toksykologicznej. Oni powinni przy każdej większej akcji ratownictwa chemicznego stanowić podstawowe źródło informacji dla dowódcy, oni pomogą wybrać stosowne środki i określić interakcje. Należy, również pamiętać, aby przy pozyskiwaniu informacji korzystać z kilku źródeł, co w znacznym stopniu uchroni przed podjęciem błędnej decyzji.

## **Wnioski**

1. Należy pamiętać, że w przypadku obszernych rozlewów stosowanie sorbentów jest tylko uzupełnieniem, szeregu przedsięwzięć związanych ze zbieraniem i neutralizacją rozlanych substancji mogących skażać środowisko, pozwalającym na doczyszczanie skażonego obszaru.
2. O powodzeniu akcji, a więc szybkim ograniczeniu i zebraniu rozlewiska, w dużym stopniu decyduje rodzaj podłoża, na którym doszło do wycieku.
3. Szybka i dokładna identyfikacja wyciekającej substancji pozwala na idealny wybór sorbentu, a więc pełne jego wykorzystanie.
4. Podczas zakupu sorbentów nie należy kierować się wyłącznie chłonnością i ceną danego produktu, ponieważ istnieje szereg innych kryteriów mających wpływ na ich dobór.
5. Należy pamiętać, że substancje wchłonięte przez sorbenty nie zostają w 100% zneutralizowane i nadal zachowują swoje niebezpieczne właściwości. Wynika z tego, że zużyte sorbenty nie mogą zostać wyrzucone do pojemników na odpady komunalne,

lecz muszą zostać przekazane jako odpad niebezpieczny firmie, która posiada stosowne zezwolenia na odbiór odpadów niebezpiecznych.

6. Inwestowanie w nowe technologie prowadzące do poprawiania skuteczności działania sorbentów jest w pełni zrozumiałe, ale czy nie lepiej byłoby zapobiegać a nie zwalczać?

## **Literatura**

1. J. Chodorowski: Zanieczyszczenia środowiska glebowego – badanie szybkości wsiąkania cieczy ropopochodnych w grunt. Skrypt, SGSP, Warszawa 2003 r.
2. Encyklopedia Techniki, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004 r.
3. H. Bryła: Leksykon ekologii i ochrony środowiska, Gdańsk [2005] r.
4. J. Chodorowski, Z. Salomonowicz, W. Jarosz: Badanie skuteczności sorbentów. Skrypt, SGSP, Warszawa 2004 r.
5. S. Wersocki: Zapobieganie i likwidacja skutków morskich katastrof ekologicznych „Sorbenty”. Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2003 r.
6. Materiały udostępnione przez firmę Sintac-Polska, Warszawa.
7. Materiały udostępnione przez firmę REO AMOS, Bielsko-Biała.
8. <http://www.serv-net.pl/~usr04/fireman/wiedza/n16.htm>