

Zastosowanie naturalnych i odpadowych surowców mineralnych do wprowadzenia prostych i tanich metod masowego uszczelniania gruntów

Leon Łukwiński*, Henryk Szczęśniak**

Składowanie odpadów tak przemysłowych jak i komunalnych w środowisku przyrodniczym jest ciągle podstawową formą taniego pozbywania się ich przez zakłady i przez służby porządkowe.

Sytuacja gospodarcza kraju, bez względu na istniejące i tworzone akta prawne w zakresie postępowania z odpadami jest „gwarancją”, że jeszcze przez długi okres będziemy zmuszeni do tworzenia kolejnych nowych zakładów. Praktyczne działania w zakresie „gospodarki” odpadami są bardzo skromne. Można się o tym przekonać podróżując po kraju.

Na razie mamy nawet duże trudności z możliwie dokładnym ustaleniem ilości powstających odpadów, liczbą czynnych i nieczynnych składowisk — zajmowanych przez nie terenów, nie mówiąc o ich oddziaływaniu na środowisko, szczególnie po kilkuletnim czasie.

Obserwujemy ciągle działania prowadzone raczej w chęci „wykazania się” a nie załatwienia problemu.

Trudności finansowe zakładów produkujących, gdzie powstają odpady przemysłowe oraz urzędów wojewódzkich, gminnych czy miejskich zmuszone do zagospodarowywania odpadów komunalnych, ograniczają, budowę składowisk, wysypisk, stanów osadowych zgodnie z określonymi wymaganiami.

Z tych względów, większość istniejących składowisk prowadzonych pozornie przykładowo nie posiada właściwie uszczelnionego podłoża. Jest to jedna z przyczyn pogarszającego się stanu zanieczyszczenia wód i obszarów przyległych do składowisk i wysypisk.

Preferowane w ostatnich latach stosowanie przy uszczelnianiu podłoża geomembran (folii) pogarsza jeszcze istniejący stan.

Istotnym mankamentem tej metody jest wysoka cena folii jak również duże koszty wykonania takiego uszczelnienia. Stosowanie geomembran wymaga właściwego przygotowania podłoża oraz wielowarstwowego układu uszczelniania.

Zainteresowani budową składowisk starają się więc uzyskać specjalne dotacje umożliwiające budowę takich obiektów zgodnie z panującą modą na „nowoczesność”. Natomiast dotacje na ten cel z reguły uzyskują przeważnie duże ośrodki miejskie. Wyjściem z zaistniałej sytuacji jest przekazanie do szerokiego stosowania, zwłaszcza przy zakładaniu małych składowisk, wysypisk, sprawdzonych tanich, prostych w wykonaniu metod uszczelniania w technologii uszczelniania w tym przypadku wykorzystane są głównie surowce naturalne, jak: gliny, iły, a także popioły powstające przy spalaniu węgla.

Wykorzystanie surowców ilastych do uszczelniania gruntów

Stosowanie surowców ilastych do uszczelniania podłoża pod składowiska jest dość powszechne na świecie. W kraju metoda ta budzi ciągle niezrozumiałe zastrzeżenia.

*Instytut Materiałów Ogniotrwałych, ul. Toszecka 99, 44-100 Gliwice

**Instytut Szkła i Ceramiki, ul. Postępu 9, 02-676 Warszawa

Podstawowymi kryteriami oceny przydatności surowców ilastych do uszczelniania gruntów są:

- zawartość frakcji iłowej,
- skład granulometryczny,
- odporność na rozmakanie,
- współczynnik filtracji.

Zgodnie z normą PN-86/B-02480 do gruntów spoistych, mogących znaleźć zastosowanie do uszczelniania, zalicza się takie, w których zawartość frakcji ilastej wynosi powyżej 30%, zawartość ziarn powyżej 2 mm nie przekracza 10%, a odporność na rozmakanie mieści się w granicach 1–24 h. Współczynnik filtracji powinien wynosić poniżej $1-10^{-5}$ cm/s.

Wstępne prace określające (Łukwiński, Skóra & Wasylkowski, 1994) właściwości surowców ilastych z 7. eksploatowanych złóż wykazały pełną ich przydatność do uszczelniania podłoża pod budowę wysypisk śmieci (Łukwiński & Szczęśniak, 1995).

Badaniami objęto gliny plastyczne i zapieszczone z Dolnego Śląska (Jarosów, Turów, Bolesławiec) gliny z Zapłowa, Knuruwa, Sławkowa oraz łupek odpadowy z KWK Sośnica (0–2 mm).

Pobrane próbki glin różnią się pochodzeniem oraz zmienną zawartością poszczególnych składników mineralnych. Podstawowym minerałem w badanych próbkach był kaolinit (3–55%). Poza tym występują zróżnicowane zawartości kwarcu, illitu oraz w nieznacznych ilościach inne minerały. Istotnym parametrem dla oceny surowców ilastych jest odporność na rozmakanie. W przypadku omawianych próbek czas rozmakania wynosił od 1 h do powyżej 1 doby. Według tego parametru badane surowce należą do związłospoistych i bardzo spoistych. Na rozmakanie decydujący wpływ ma zawartość kwarcu, jego uziarnienie oraz zawartość montmorylonitu. Surowce zawierające w swoim składzie montmorylonit, nawet w niewielkich ilościach (powyżej 5%) rozmakają szybko czasem nawet natychmiast po wrzuceniu do wody. Ostateczna decyzja o zastosowaniu określonego surowca ilastego do uszczelniania gruntów powinna być poprzedzona wykonaniem stosowanych badań.

Polska należy do krajów zasobnych w surowce ilaste. W większości są one rozpoznane pod względem ich przydatności w przemyśle ceramiki budowlanej, materiałów ogniotrwałych, cementowym, w produkcji tzw. ceramiki „szlachetnej”, wyrobów kamionkowych i in.

Zasoby przemysłowe złóż udokumentowanych i zarejestrowanych wynoszą ponad 300 mln m³. Są one eksploatowane obecnie przez ok. 530 różnej wielkości kopalnie. Duża liczba kopalni w ostatnich latach została zamknięta a w innych produkcję bardzo ograniczono. Praktycznie w każdym województwie są czynne zakłady prowadzące wydobycie surowców ilastych.

Masowe zastosowanie surowców ilastych do uszczelniania gruntów jest szansą dla wielu Zakładów Ceramiki Budowlanej, które mogą zwiększyć wydobycie glin oraz ich przeróbkę na masę plastyczną pozwalającą jej wykorzystanie przy budowie wysypisk i składowisk.

W bilansie surowców ilastych przydatnych do uszczel-

niania gruntów należy również uwzględnić odpady skał ilastych, kopalń węgla kamiennego oraz ility z nadkładu kopalń węgla brunatnego. Zasoby tej grupy surowców ilastych oceniane są dziesiątki milionów m³.

Najogólniej techniczne zasady budowy składowisk, wysypisk są powszechnie znane. Dotyczy to również uszczelnienia podłoża przy użyciu geomembran. Zaletą stosowania surowców ilastych jest łatwość pozyskania surowca, możliwość technicznego wykonania wysypiska we własnym zakresie, naturalnie pod nadzorem specjalisty i znacznie niższy koszt realizacyjny w stosunku do korzystania z wykładziny z tworzyw syntetycznych. Trwałość wykładzin ilastych poza tym będzie znacznie dłuższa od wprowadzanych geomembran.

Grubość warstwy ilastej przy uszczelnianiu zależy od rodzaju podłoża. Na gruntach przepuszczalnych miąższość takiej warstwy może wynieść nawet 1 m. Warunkiem trwałości uszczelnienia ility jest ich natychmiastowe przykrycie 15–20 cm warstwą piasku i okresowe nawilżanie tej warstwy. Zabieg ten należy prowadzić do chwili przykrycia uszczelnienia pierwszą warstwą odpadów, o miąższości 2 m. Na małych wiejskich, a nawet gminnych wysypiskach można zastosować układanie podłoża z przerobionej gliny w formie brykietów. W praktyce oznacza to wyeliminowanie maszyn do ugniatania masy uszczelniającej.

Wykładziny uszczelniające wprowadzono już przy budowie wielu wysypisk na odpady komunalne w kraju. Można, między innymi, zapoznać się z takimi dużymi obiektami w miejscowościach takich, jak: Tarnowskie Góry i w Stanowicach koło Strzegomia.

Zastosowanie popiołów lotnych do tworzenia wykładzin uszczelniająco-wzmacniających przy budowie wysypisk i składowisk

Dużą bazą surowcową, która może być wykorzystana przy uszczelnianiu i stabilizacji gruntów, uszczelnianiu hałd, gaszeniu hałd (z odpadami powęglowymi) są popioły pozyskiwane z elektrowni tak zawodowych, jak i przemysłowych.

Rocznie powstaje w kraju ok. 20 mln t popiołów i żużli, a na wydzielonych składowiskach zgromadzono ok. 275 mln t (Weryński red., 1994).

Rozmieszczenie elektrowni w kraju, a tym samym miejsc powstawania i gromadzenia odpadów energetycznych,

stwarza sytuację, że odpady te stają się coraz bardziej atrakcyjne dla prac inżynierskich i rekultywacyjnych. Przewadzone badania głównie przez Instytut Budownictwa Wodnego PAN — Gdańsk wykazały pełną przydatność popiołów do uszczelnienia gruntów pod zbiornikami, wysypiskami itp (Główka & Nowakowa, 1986; Quant, 1980).

Wyniki badań zostały wykorzystane przy budowie zbiorników, stanów osadowych i wysypisk odpadów komunalnych.

Przyjmuje się, że popioły przydatne do wytwarzania kompozytów uszczelniających powinny charakteryzować się następującymi własnościami.

- zawartość norm poniżej 0,74 > 70%,
- powierzchnia właściwa > 250 m²/kg,
- zawartość wolnego CaO > 0,4%,
- pH — ok. 10.

Ważnym czynnikiem jest również tzw. aktywność popiołów. Do bardzo aktywnych popiołów zalicza się takie, które bez dodatków wykazują właściwości puolanowe. Większość popiołów, nawet nieaktywnych, można uaktywnić poprzez stosowanie odpowiedniej ilości reagenta lub aktywatora.

Procentowy skład chemiczny typowych popiołów lotnych, według przyjętej klasyfikacji, przedstawiono w tab. 1 (Bastian, 1980).

Przydatność popiołów do uszczelniania wymaga także znajomości takich cech, jak: gęstość pozorna, gęstość, wilgotność popiołu. Należy również zwracać uwagę na stopień radioaktywności popiołów i zawartość w nich wymywalnych pierwiastków śladowych.

Zadanie to zostało w trakcie licznych badań dość dokładnie poznane i nie budzi obaw wśród specjalistów. Większość społeczeństwa natomiast nie znając wyników prac badawczych podnosi często różne zastrzeżenia mogące być przeszkodą w stosowaniu popiołów. Występuje tu również taka sytuacja, że odbiorcy odpadów energetycznych nie są nawet informowani o pochodzeniu spalanych węgla. Zagdanie radioaktywności jest natomiast związane wyłącznie z dwoma lub trzema kopalniami węgla. W pozostałych kopalniach zjawisko to nie występuje.

Podobnie jak w przypadku glin, popioły przed ich użyciem do uszczelniania muszą być poddane ocenie celem dobrania stosownego kompozytu.

Do sporządzenia kompozytów używany jest roztwór szkła wodnego, sizolu oraz jako aktywator surowce z dużą zawarto-

ścią wapnia np. wapno hydratyzowane, wapno pokarbidowe, wapno tlenkowo-magnezowe (odpady huty cynku i ołowiu) popioły z węgla brunatnego i innych.

Badania wykazały, że ilość dodawanego aktywatora powinna być taka, aby sumaryczna zawartość wapnia — w suchym popiele — przekraczała 5% w przeliczeniu na CaO. Optymalne ilości dla procesu żelacji mieszczą się w granicach 6,5–7,5 % CaO.

Roztwór szkła wodnego

Tab.1. Klasyfikacja i skład chemiczny typowych popiołów

Składnik	Klasyfikacja — rodzaj i pochodzenie popiołu lotnego		
	I glinowo-krzemianowy (z węgla kamiennego)	II krzemianowo-glinowy (z węgla brunatnego z okręgu turoszowskiego)	III siarczanowo-wapniowy (z węgla brunatnego okręgu konińskiego)
SiO ₂	40–55	40–50	30–50
Al ₂ O ₃	15–30	30–35	2–10
Fe ₂ O ₃	6–18	14–20	4–8
CaO	2–12	2–4	20–45
MgO	1–5	0,1–1	2,5
Na ₂ O + K ₂ O	1–3	0,1–0,3	ślady
MnO	0–0,2	0–0,1	ślady
SO ₃	0,5–3	0,5–0,7	3–12
Straty prażenia	0,5–12	1–1,5	1–10

jest podstawowym reagentem chemicznym w technologii formowania wykładzin. Surowcem wyjściowym jest techniczne sodowe szkło wodne doprowadzone do gęstości $d = 1350 \text{ kg/m}^3$. Roztwór ten rozcieńcza się do odpowiednich stężeń, potrzebnych dla procesu żelacji, w układzie z danym popiołem.

O wprowadzenie określonego stężenia szkła wodnego decyduje aktywność chemiczna popiołów (zawartość CaO). Wykładziny uszczelniające, wykonane przy doborze odpowiednich parametrów aktywizujących, wykazują odpowiednią szczelność, odporność na statyczne i dynamiczne działanie wody. Wykazują odporność na przemarzanie, mają dobrą właściwość przylegania do podłoża oraz są odporne na odkształcenia podłoża.

Najczęściej stosowane są kompozyty o następujących składach surowcowych:

- I. 96% popiół o uziarnieniu poniżej 0,5 mm
4% wapna hydratyzowanego
+ 10% roztwór szkła wodnego.
- II. 94% popiół o uziarnieniu poniżej 0,5 mm
6% wapna hydratyzowanego
+ 10% roztwór szkła wodnego.
- III. 90% popiół o uziarnieniu poniżej 0,5 mm
4% wapna hydratyzowanego
+ 10% roztwór szkła wodnego.
- IV. 96% popiół o uziarnieniu poniżej 0,5 mm
4% wapna hydratyzowanego
+ 7–9% sizolu.
- V. 100% popiół o uziarnieniu poniżej 0,5 mm
+ 10% sizolu.

Przedstawione składy mas należy traktować jako orientacyjne. Z uwagi na dużą zmienność chemiczną popiołów, udział reagentu i aktywatora musi być dobrany każdorazowo dla ściśle określonego popiołu. Zróżnicowany udział wodorotlenku wapnia wiąże się z wytrzymałością kompozytu.

Wytrzymałość kompozytu, przy dodatku do popiołu ok. 10% CaO, dochodzi do 3,5 MPa. Dobrym aktywatorem okazał się sizol $\text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$. Sizol jest środkiem dość powszechnie stosowanym do wiązania glinokrzemianów. (Szcześniak & Łukwiński, 1993).

Zbliżone do podanych kompozytów składy surowców zastosowano między innymi przy budowie zbiornika na ścieki w Zakładzie Chemicznym Organika w Sarzynie w 1979 r., uszczelnianie dna zbiornika retencyjnego-dożującego dla KWK Brzeszcze w 1978 r., uszczelnieniu wyrobiska pomargłowego „Piast” w Opolu w 1977 r.

Współczynnik filtracji wykładzin, jak wykazały doświadczenia, zależy od czasu stabilizacji. W okresie początkowym wynosi 1×10^{-5} do $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ i maleje po ok. 30 dniach do ok. $1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Wytrzymałość wykładzin natomiast wzrasta od ok. 1 MPa do ok. 4,5 MPa.

Techniczne wykonawstwo wykładzin jest proste i tanie.

Przeprowadzona analiza techniczno-ekonomiczna wykazała, że wykładziny hydroizolacyjne na bazie popiołów mogą zastąpić w praktyce cement, folie, bituminy i inne drogie materiały. Uszczelnienie zbiorników, wysypisk według podanej metody jest ok. 5 razy tańsze od uszczelniania tzw. metodami tradycyjnymi.

Podsumowanie

Podane informacje z zakresu stosowania ilów glin i popiołów do uszczelnienia podłoża nie wyczerpują całości zagadnienia. Są tylko wskazówką o możliwościach tworzenia wykładzin uszczelniających na bazie tanich i łatwo dostępnych surowców.

Propagowanie tych metod może wpłynąć na poprawę stanu zagrożenia środowiska naturalnego. Rozpowszechnianie proponowanych rozwiązań umożliwi praktyczną własną działalność szczególnie małym jednostkom przemysłowym jak i administracyjnym bez wyczekiwania na dotacje finansowe i poszukiwania specjalistycznych firm wykonawczych.

Podstawową przyczyną braku szerokiego stosowania proponowanych rozwiązań krajowych jest brak na rynku, dostępnej dla każdego informacji, o istniejących technologiach oraz braku szczegółowych danych o właściwościach glin, ilów i popiołów, mogących znaleźć zastosowanie do budowy wykładzin uszczelniających.

Biorąc pod uwagę istniejącą sytuację (ok. 10% wysypisk ma właściwe zabezpieczenie) należy:

1. Podjąć masowe badania eksploatowanych glin i ilów w aspekcie przydatności do uszczelniania gruntów przez wytypowane jednostki badawcze.
2. Opracować typowe i proste projekty budowy tanich wysypisk odpadów komunalnych bazujących na glinach i popiołach.
3. Udostępnić wszystkim zainteresowanym jednostkom informacje o możliwościach wykonywania tanich wykładzin uszczelniających i podania punktów konsultacyjnych w zakresie realizacji takich obiektów.

Literatura

- PN-86/B-02480 — Grunty Budowlane. Określenie, symbole, podział i opis gruntów.
- ŁUKWIŃSKI L., SKÓRA J. & WASYLKOWSKI A. 1994 — Badanie przydatności gliny do uszczelniania podłoża. Spraw. z Pr. Instytutu Materiałów Ogniotrwałych.
- WERYŃSKI B. (red) 1994 — Katalog surowców odpadowych. Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych — Opole.
- GŁÓWKA W. & NOWAKOWA J., 1986 — Materiały Konferencyjne — Odpadowe surowce mineralne dla gospodarki narodowej. Główny Instytut Górnictwa — Katowice.
- ŁUKWIŃSKI L., SZCZĘŚNIAK H., 1995 — Materiały Ogniotrwałe, 120: 93–96.
- SZCZĘŚNIAK H., ŁUKWIŃSKI L. & PESZKOT, 1993 — Opracowanie Mineral Consulting S.C. Warszawa.