

Marek POZZI, Tadeusz MZYK
Instytut Geologii Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA POPIOŁÓW Z CIEPŁOWNI KOMUNALNYCH W JELENIEJ GÓRZE DO WYPEŁNIENIA WYLEWISKA „STANISZÓW”

Streszczenie. Wylewisko „Staniszów” w Jeleniej Górze utworzono wykorzystując naturalne zagłębienie pomiędzy dwoma wzgórzami, połączone dwiema zaporami. W zbiorniku, w latach 1974 – 1994, zgromadzono osady powstające w toku mechaniczno-chemicznego oczyszczania ścieków przemysłowych z Zakładów Włókien Chemicznych „Chemitex – Celwiskoza” oraz osadów komunalnych. W 1999 roku rozpoczęto prace I etapu rekultywacji wylewiska polegające na jego częściowym wypełnieniu materiałem z rozbieranych zapór i pozostawieniu mniejszego oczka wodnego. Drugi etap rekultywacji zakłada całkowite zasypanie zbiornika, przeprowadzenie makroniwelacji terenu, przygotowanie podłoża glebowego i wykonanie nasadzeń drzew. W artykule przedstawione zostały wyniki badań właściwości fizykomechanicznych popiołów pod kątem możliwości ich wykorzystania do wypełnienia wylewiska „Staniszów”.

THE POSSIBILITY OF UTILIZATION OF ASHES FROM MUNICIPAL HEATING PLANTS IN JELENIA GÓRA TO FILLING THE SETTLING POINT "STANISZÓW"

Summary. The settling point "Staniszów" was created in Jelenia Góra using natural depression between two hills, replenished with two dams. In reservoir, in years 1974 - 1994, the wastes were accumulated in course of mechanical and chemical purification of industrial pollution from Chemical Fibers Works "Chemitex - Celwiskoza", as well as the sewage. In 1999 year there was started work on the first stage of recultivation of settling point based on his partial filling with the material from destructed dams, and leaving the smaller lake. Second stage of reclamation consider the total covering up of the reservoir, the ground leveling, preparation of soil and afforesting. This paper presents the investigations results of the physical and mechanical properties of ashes towards their utility to filling of the "Staniszów" settling point.

1. Wprowadzenie

Zbiornik odpadów chemicznych i osadów ściekowych „Staniszów” zlokalizowany jest na południowych obrzeżach miasta Jelenia Góra, w odległości ok. 1 km na północ od osiedla Staniszów i podobnej odległości w kierunku południowo-zachodnim od osiedla Czarne. Na południowy zachód od zbiornika, w odległości ok. 3 km, znajduje się uzdrowskowa dzielnica Jeleniej Góry – Cieplice Zdrój (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja wylewiska „Staniszów”

Fig. 1. Locality of the sediment trap of sewages "Staniszów"

Wylewisko usytuowano na morfologicznym wypiętrzeniu, pomiędzy dwoma wzgórzami stanowiącymi jego naturalne granice: północną i południowo-zachodnią. W celu domknięcia zbiornika, obniżenia między wzgórzami uzupełniono dwiema zaporami. Obecny kształt i wielkość zbiornika są efektem zakończonego w 2003 roku pierwszego etapu rekultywacji.

W najbliższym sąsiedztwie zbiornika znajdują się tereny wykorzystywane rolniczo, nieużytki i obszary leśne, a najbliższe zabudowania mieszkalne znajdują się na zachód od osadnika w odległości ok. 350 m.

Eksploatację wylewiska „Staniszów” rozpoczęto w 1974 roku. W początkowym okresie funkcjonowania w zbiorniku gromadzono wyłącznie osady powstające w toku mechaniczno-chemicznego oczyszczania ścieków przemysłowych z odległych o ok. 2 km Zakładów Włókien Chemicznych „Chemitex-Celwiskoza” (późniejsza nazwa „JELCHEM”) w ilości około 1200 m³/dobę. Zrzutu tych osadów zaprzestano w 1990 roku, kiedy to zakłady zaprzestały produkcji wiskozy. Od 1986 roku równoległe ze zrzutem osadów przemysłowych do osadnika odprowadzano osady z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Jeleniej Górze w ilości ok. 300 m³/dobę. Zrzutu tych ostatnich zaprzestano w listopadzie 1994 roku.

Szacunkową ilość wód nadosadowych oraz osadów zgromadzonych w zbiorniku obliczyła w 1995 roku duńska firma Carl Bro Enviroment [9], według której w trakcie eksploatacji do zbiornika trafiło ok. 8 600 000 m³ ciekłych odpadów. Z tej ilości ok. 520 000 m³ stanowiły wody z opadów atmosferycznych. Szacunkowa objętość uwodnionych odpadów (według tego samego źródła) wynosiła w 1995 roku 600 000 – 700 000 m³. Zawartość suchej masy w osadniku oszacowana została na 75 000 Mg.

W wylewisku można wyróżnić warstwę denną miąższości do 3,5 m, stanowiącą osady z mechaniczno-chemicznego oczyszczania ścieków przemysłowych w Zakładach Włókien Chemicznych „Chemitex-Celwiskoza”, oraz warstwę górną, miąższości do 6 m, którą tworzą ścieki z miejskiej oczyszczalni ścieków wraz z wodą nadosadową.

Woda nadosadowa ze zbiornika „Staniszów” pierwotnie kierowana była bezpośrednio do rzeki Bóbr, a od 1990 roku do Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Jeleniej Górze. Latem 1994 roku odpływ wody nadosadowej został zablokowany przez spiętrzone osady denne.

2. Charakterystyka rejonu

2.1. Budowa geologiczna

Budowa geologiczna rejonu związana jest z waryscyjskim krystalinikiem karkonosko-izerskim. Ważnym elementem tej jednostki jest wydłużony w kierunku równoleżnikowym karkonoski masyw granitowy (długości ok. 70 km i zmiennej szerokości do 20 km).

W plejstocenie górna część uformowanych rozcięć dolin rzecznych została wypełniona osadami piaszczysto-żwirowej sedymentacji rzecznej miąższości około 9-12 m. Same doliny rzeczne miejscami wypełnione są osadami wodnolodowcowymi. Kenozoiczne utwory

pokrywowe o miąższości nie przekraczającej kilku metrów, wykształcone są w postaci blokowisk, zwietrzelin ziarnistych, rumoszy i glin oraz, występujących w dolnych odcinkach dolin rzecznych, osadów aluwialnych. Pokrywają je słabo rozwinięte gleby górskie.

Wokół osadnika najwyższą część profilu gruntowego budują gleby brunatne, osiągające miąższość 0,2 - 0,3 m. Pod nimi zalegają gliny piaszczyste i pylaste bądź zaglinione piaski średnioziarniste. Maksymalną miąższość utworów gliniastych stwierdzono po wschodniej stronie osadnika, gdzie utwory te osiągnęły 2,7 m. Poniżej utworów gliniastych na całym obszarze występują utwory wodnolodowcowe (żwiry, piaski grubo- i średnioziarniste, często zaglinione, ze żwirem i otoczakami). W części zachodniej osadnika występują wyłącznie utwory wodnolodowcowe, natomiast we wschodniej części obszaru poniżej utworów wodnolodowcowych zalega druga warstwa glin piaszczystych ze żwirem.

2.2. Warunki hydrogeologiczne

Na rozpatrywanym obszarze wyróżnia się dwa poziomy wodonośne, związane z utworami spękanego granitu tworzącego główny zbiornik wód podziemnych o charakterze szczelinowo-porowym oraz utworami pokrywowymi czwartorzędu.

Granitoidowy rumosz skalny wykazuje wartość współczynnika filtracji na poziomie 1,15 x 10 m/d, co pozwala zaliczyć te utwory do grupy utworów średnio przepuszczalnych.

Szczególną rolę w krążeniu wód podziemnych odgrywa strefa utworów pokrywowych. Wykonane wokół byłego osadnika „Staniszów” piezometry nawiercają wyłącznie utwory czwartorzędowe. Zasilanie warstwy wodonośnej należy przypisać przede wszystkim wodom granitoidowej pokrywy rumoszowej, w stopniu mniejszym - infiltracji wód powierzchniowych i opadowych. Potwierdziło to występowanie źródła oraz pojawiających się wysięków, znalezionych podczas wykopów pod zaporę południowo-wschodnią.

Profil utworów pokrywowych rozpoczynają gleby, które po intensywnych opadach mogą utrzymywać wody przez dłuższy czas, szczególnie tam, gdzie w podłożu występują gliny zboczowe. We wschodniej części obszaru badań zwierciadło wody pierwszego poziomu wodonośnego ma charakter swobodny. W wyniku obserwacji hydrogeologicznych, przeprowadzonych w otworach piezometrycznych stwierdzono zmienne kierunki spływu wód podziemnych. Ustalenie odmiennych, lokalnych kierunków spływów wód podziemnych potwierdza wododziałowy charakter północnej części Wzgórz Łomnickich. Granica wododziału przebiega generalnie w kierunku północ-południe i dzieli byłe wylewisko „Staniszów” na obszar zachodni - przynależny do zlewni cząstkowej potoku Lutynka i wschodni - należący do zlewni cząstkowej potoku Pijawnik. Lokalne kierunki przepływu wód

podziemnych dla obu zlewni cząstkowych odpowiadają generalnie ukształtowaniu morfologicznemu terenu. W zachodniej części byłego osadnika spływ wód przyjmuje kierunek północno-zachodni. Natomiast we wschodniej części obszaru badań obserwuje się generalnie północno-wschodni kierunek spływu wód podziemnych.

Zwierciadło wód gruntowych w piezometrach stanowiących elementy systemu monitoringu wód występuje na głębokości od +0,15 m p.p.t. do 4,9 m p.p.t.

2.3. Opis prac rekultywacyjnych przeprowadzonych w ramach I etapu

W 1999 roku opracowano projekt rekultywacji osadnika „Staniszów” w Jeleniej Górze. W ramach realizacji tego projektu, zakończono prace związane z pierwszym etapem rekultywacji, które polegały na:

- częściowym rozebraniu zapór znajdujących się w południowo-wschodniej i zachodniej części zbiornika, i wykorzystaniu materiału pozyskanego w ten sposób do makroniwelacji i częściowego zasypania zbiornika, przez przykrycie nim zgromadzonych osadów warstwą miąższości od 0,5 do 7,5 m,
- wprowadzeniu nasadzeń w postaci drzew i krzewów, a także rozebraniu i zezłomowaniu rurociągów służących niegdyś do transportu osadów oraz wykonaniu ścieżek rowerowych i pieszych,
- utworzeniu oczka wodnego o nerkowatym kształcie i powierzchni ok. 3,5 ha oraz o maksymalnej głębokości wody w miejscu wyrobiska dawnego kamieniołomu ok. 6 m, a na większości terenu nie przekraczającej 1 m.

3. Opis wybranego do realizacji wariantu rekultywacji

W ramach II etapu rekultywacji wylewiska odpadów chemicznych i osadów ściekowych „Staniszów” w Jeleniej Górze [9] planuje się przeprowadzenie niwelacji pozostałej części wylewiska. Znaczna część zbiornika przykryta jest płytką warstwą wody nadosadowej nie przekraczającą jednego metra. Najgłębszą, centralną partię zbiornika tworzy byłe wyrobisko kamieniołomu. Przeprowadzenie prac ziemnych związanych z wypełnieniem aktualnego oczka planuje się wykonać poprzez jego zasypanie bezpośrednio produktami spalania węgla w postaci popiołu lub żużli w ilości około 20 000 m³. Zastosowanie odpadów energetycznych może doprowadzić do osuszenia terenu i trwałego związania pewnej ilości wód nadosadowych - dzięki właściwościom pocolanowym. Płytką część zbiornika, w partiach

brzeżnych oraz w części południowej i wschodniej, planuje się zniwelować rumoszem skalnym, ziemią lub materiałem gliniastym z najbliższej okolicy, np. z zapór. Szacuje się, że wymagać to będzie dostarczenia ok. 25 000 m³ materiału tego typu. Końcowa makroniwelacja ma na celu umożliwienie odprowadzenia wód opadowych z obszaru oczka.

Planuje się również uszczelnienie powierzchni aktualnie zajmowanej przez oczko wodne przy użyciu specjalistycznych materiałów, np. w postaci maty bentonitowej o łącznej powierzchni ok. 30 000 m². W dalszej kolejności planuje się wykonanie wierzchniej warstwy zasypanego zbiornika w postaci urodzajnej ziemi lub humusu o miąższości ok. 0,2 m. Docelową rekultywację planuje się zakończyć urządzeniem zieleni na obszarze ok. 35 000 m² poprzez nasadzenia nawiązujące w charakterze do tych wprowadzonych w pierwszym etapie.

4. Charakterystyka materiału przeznaczonego do wypełnienia wylewiska

Zgodnie z przyjętym do realizacji III wariantem rekultywacji, zasypanie centralnej (najgłębszej) części zbiornika planuje się przeprowadzić z wykorzystaniem materiału odpadowego pochodzącego z Elektrociepłowni „Miasto” i Elektrociepłowni „Zabobrze” w Jeleniej Górze.

W Elektrociepłowni „Zabobrze” odsiarczanie spalin prowadzi się metodą półsuchą. Odpad końcowy w postaci suchej stanowi mieszanina popiołu lotnego, siarczynu wapnia i nieprzereagowanego wapnia. Analizy wyciągu wodnego wykazały, że z odpadów tych w ilości ponadnormatywnej (wg Rozp. Min. Środowiska z 29 listopada 2002 r. dotyczącego najwyższych dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do wód i do ziemi Dz. U. nr 72, poz. 813) wymywane są NH₄, NO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca, K, Zn. Przekroczone wartości dopuszczalne wykazuje również odczyn pH. W odciekach tych występuje znaczne przekroczenie (3–4-krotne) dopuszczalnej ilości substancji rozpuszczonych. Spośród metali o działaniu toksycznym (Cu, Cr, Co, Pb, Ni, Zn), przekroczone jest jedynie zawartość Pb w odniesieniu do stężeń dopuszczalnych dla III klasy czystości wód. Według wyników pomiaru stężeń naturalnych izotopów promieniotwórczych w odpadach z Elektrociepłowni „Zabobrze” nie przekraczają one wartości dopuszczalnych i mogą być stosowane jako materiał budowlany. Zgodnie z Ustawą o odpadach z 27 kwietnia 2001 roku z późniejszymi zmianami, odpady te nie są odpadami niebezpiecznymi. W Elektrociepłowni „Miasto” odsiarczanie spalin prowadzi się metodą moką. Powstający odpad końcowy ma postać szlamu. W wyciągu wodnym z odpadów przekroczone wartości

dopuszczalne wykazuje odczyn pH, a w ilościach ponadnormatywnych (wg Rozp. Min. Środowiska z 29 listopada 2002 r., dotyczącego najwyższych dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do wód i do ziemi, Dz. U. nr 72, poz. 813) wymywana jest miedź. W odciekach tych występuje również przekroczenie dopuszczalnych ilości substancji rozpuszczonych. Spośród metali o działaniu toksycznym (Cu, Cr, Co, Pb, Ni, Zn), nie zostają przekroczone dopuszczalnych stężenia dla III klasy czystości wód. Według wyników pomiaru stężeń naturalnych izotopów promieniotwórczych w odpadach z Elektrociepłowni „Miasto” nie przekraczają one wartości dopuszczalnych i mogą być stosowane jako materiał budowlany. Zgodnie z Ustawą o odpadach z 27 kwietnia 2001 roku z późniejszymi zmianami (Dz. U. nr 62, poz. 628), odpady te nie są odpadami niebezpiecznymi.

Do badań właściwości fizykomechanicznych dostarczone zostały cztery próbki odpadów:

- próbka I - popiół z Elektrociepłowni „Miasto”,
- próbka II - żużel z Elektrociepłowni „Miasto”,
- próbka III - popiół z Elektrociepłowni „Zabobrze”,
- próbka IV - żużel z Elektrociepłowni „Zabobrze”.

5. Metodyka badań

Z dostarczonych próbek odpadów energetycznych sporządzono osiem hydromieszanin (próbek laboratoryjnych – tab. 1), na których przeprowadzono badania właściwości fizyko-mechanicznych. Do sporządzania hydromieszanin odpadów użyto wody nadosadowej pobranej w ilości około 50 dm³ z oczka „Staniszów” 17 listopada 2004 r. W próbkach z dodatkiem cementu użyto cementu portlandzkiego marki 32,5. Przyjęta 10% zawartość cementu w mieszaninie wynika z dotychczasowych wyników doświadczeń uzyskanych z badań odpadów energetycznych dotyczących możliwości ich stosowania w różnych technologiach górniczych [3]. Mieszaniny przygotowane zostały w ten sposób, że stosunek stałej masy do wody był powyżej 1 : 1, co pozwalało na homogenizację mieszaniny.

Tablica 1

Hydromieszanki sporządzone z odpadów
przeznaczone do oznaczenia właściwości fizykomechanicznych

Nr próbki	Opis mieszaniny
Elektrociepłownia „Miasto”	
1.	Popiół + woda
2.	Popiół + 30% żużel + woda
3.	Popiół + 10% wag. cementu + woda
4.	Popiół + 30% żużel + 10% wag. cementu + woda
Elektrociepłownia „Zabobrze”	
5.	Popiół + woda
6.	Popiół + 30% żużel + woda
7.	Popiół + 10% wag. cementu + woda
8.	Popiół + 30% żużel + 10% wag. cementu + woda

Nośność: Badanie nośności mieszanin droбноziarnistych określa jej zdolność do przenoszenia obciążeń w okresie zestalania. Pomiar nośności przeprowadza się przy użyciu zmodyfikowanego aparatu Vicata o zwiększonej do 1 cm² powierzchni penetratora. Miarą nośności mieszaniny jest obciążenie, pod którym penetrator zagłębia się w badanej mieszaninie, maksymalnie na głębokość 2 mm. W praktyce za minimalną wartość nośności, pozwalającą na przenoszenie obciążeń przez zestaloną mieszaninę, przyjmuje się wartość 0,5 MPa (5 kG/cm²).

Czas zestalania: Oznaczenie czasu zestalania hydromieszanki sporządzonej z odpadów energetycznych przeprowadza się zgodnie z normą PN-85/G-02320. Pomiar czasu zestalania prowadzi się przy użyciu aparatu Vicata. Za początek czasu zestalania uznaje się czas, po którym igła aparatu Vicata zagłębi się w badanej mieszaninie na głębokość maksymalnie 2 mm od górnej powierzchni. Za całkowity czas zestalania mieszaniny przyjmuje się czas określony ze wzoru:

$$t_z = t_k - t_p \quad [\text{godz.}]$$

gdzie: t_k – koniec zestalania [godz.],

t_p – początek zestalania [godz.].

Wytrzymałość na ściskanie: Wytrzymałość na ściskanie zestalonych hydromieszanki przeprowadza się zgodnie z normą PN-G-11011:1998, określając przy użyciu prasy hydraulicznej wartość siły niszczącej próbki walcowej o stosunku wysokości do średnicy 1 : 1, odpowietrzone i sezonowane w komorze klimatyzacyjnej przez 28 dni. Wytrzymałość na ściskanie zestalonych hydromieszanki wyznacza się ze wzoru:

$$R_c = \frac{P}{F} \quad [\text{MPa}]$$

gdzie: P – wartość siły niszczącej próbkę [MN],

F – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki [m²].

Rozmakalność: Oznaczenie rozmakalności hydromieszanin sporządzonych z odpadów energetycznych przeprowadzono zgodnie z normą PN-G-11011:1998. Polega ono na określeniu zmiany wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie próbki sezonowanej przez 28 dni w komorze klimatyzacyjnej i następnie zanurzonej w wodzie na 24 godziny. Porównując wytrzymałość próbek nawilżonych i nie nawilżonych uzyskuje się stopień ich rozmakalności. Jego wartość oblicza się ze wzoru:

$$K = \frac{R_c - R_{cw}}{R_c} * 100\%$$

gdzie: R_c – wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie próbki nie nawilżonej wodą, [MPa],

R_{cw} – wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie próbki nawilżonej wodą, [MPa],

6. Wyniki badań laboratoryjnych

Wyniki badań właściwości fizykomechanicznych hydromieszanin sporządzonych na bazie odpadów energetycznych z EC „Miasto” i EC „Zabobrze” przedstawiono w tab. 2.

Nośność: Z przeprowadzonych badań nośności wynika, że badane mieszaniny w zależności od rodzaju popiołu lotnego, dodatku żużla i cementu uzyskiwały nośność 0,5 MPa pomiędzy 16 a 73 godziną sezonowania. Najdłuższym czasem uzyskania nośności 0,5 MPa charakteryzuje się mieszanina popiołowo-wodna sporządzona na bazie popiołu z produktami półsuchego odsiarczania spalin z EC „Miasto”. Natomiast zdecydowanie krótszym czasem uzyskania nośności 0,5 MPa charakteryzuje się mieszanina popiołowo-wodna z EC „Zabobrze”. Udział żużla w ilości 30% w badanych hydromieszaninach spowodował skrócenie czasu uzyskania nośności 0,5 MPa z 73 godzin do 49 godzin (EC „Miasto”) i z 45 godzin do 38 godzin (EC „Zabobrze”). W mieszaninach sporządzonych na bazie popiołu z dodatkiem cementu w ilości 10% czas uzyskania nośności 0,5 MPa uległ skróceniu do 28 godzin (EC „Miasto”) i do 25 godzin (EC „Zabobrze”).

Tablica 2

Właściwości fizyko mechaniczne hydromieszanin z odpadów energetycznych na potrzeby rekultywacji wylewiska „Staniszów” w Jeleniej Górze

Nr próbki	Opis mieszaniny	Rozmakalność [%]	Czas wiązania [godz.]	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie po 28 dobach [MPa]	Czas uzyskania nośności 0,5 MPa [godz.]
Odpady z EC Miasto					
1.	Popiół + woda	79	56	0,51	73
2.	Popiół + 30% żużel + woda	61	38	2,37	49
3.	Popiół + 10% wag. cementu + woda	49	28	2,94	28
4.	Popiół + 30% żużel + 10% wag. cementu + woda	31	18	4,06	23
Odpady z EC Zabobrze					
5.	Popiół + woda	57	46	1,04	45
6.	Popiół + 30% żużel + woda	52	38	2,84	38
7.	Popiół + 10% wag. cementu + woda	43	32	2,83	25
8.	Popiół + 30% żużel + 10% wag. cementu + woda	32	22	3,59	16

Najkrótszym czasem uzyskania nośności 0,5 MPa, równym 16 godzin, wykazała się hydromieszanina sporządzona na bazie popiołu z dodatkiem żużla wynoszącym 30% oraz cementu w ilości 10% z EC „Zabobrze”, nieco dłuższym wynoszącym 23 godziny hydromieszanina popiołowo–żużlowo–cementowa z EC „Miasto”.

Czas wiązania: Badania przebiegu procesu wiązania wykazały, że czas wiązania badanych mieszanin w zależności od rodzaju popiołu lotnego oraz dodatku żużla i cementu zmieniał się od 18 do 56 godzin. Czas wiązania dla mieszanin popiołowo-wodnych sporządzonych na bazie samego popiołu z EC „Miasto” wynosił 56 godzin, natomiast dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu z EC „Zabobrze” wynosił 46 godzin.

Udział żużla w badanych hydromieszaninach w ilości 30% spowodował skrócenie czasu wiązania. Czas wiązania mieszanin popiołowo–żużlowo–wodnych wynosił 38 godzin zarówno dla mieszanin sporządzonych na bazie odpadów z EC „Miasto”, jak i EC „Zabobrze”.

Czas wiązania dla mieszanin popiołowo-wodnych z dodatkiem 10% cementu, sporządzonych na bazie odpadów z EC „Miasto”, wynosił 28 godzin, natomiast dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu z EC „Zabobrze” wynosił 32 godziny.

Mieszaniny popiołowo–żużlowo (30%)–cementowo-(10%)–wodne wykazują krótszy czas wiązania, wynoszący 18 godzin w przypadku mieszanin wykonanych z odpadów z EC „Miasto” oraz 22 godzin w przypadku mieszanin wykonanych z odpadów z EC „Zabobrze”.

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie: Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie hydromieszanin po 28 dniach sezonowania w komorze klimatyzacyjnej, w zależności od

rodzaju popiołu oraz stosunku domieszek żużla i cementu zmieniała się od 0,51 MPa do 4,06 MPa. Najniższą wytrzymałość wykazuje mieszanina wytwarzana z popiołów z EC „Miasto”. Taka sama mieszanina sporządzona z odpadów z EC „Zabobrze” wykazuje dwukrotnie wyższą wytrzymałość wynoszącą 1,04 MPa. Zarówno udział 30% żużla, jak i 10% cementu w badanych hydromieszaninach spowodował wzrost wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie. Wytrzymałość mieszanin popiołowo–żużlowo–wodnych i popiołowo–cementowo–wodnych dla odpadów z obydwu EC mieści się w przedziale od 2,37 MPa do 2,94 MPa. Najwyższą wytrzymałością charakteryzowała się mieszanina popiołowo–żużlowo, (30%)–cementowo (10%)–wodna wytwarzana z odpadów z EC „Miasto” (zbliżone wartości 3,96 MPa uzyskano dla takiej samej hydromieszaniny z odpadów z EC „Zabobrze”).

Rozmakalność: Z przeprowadzonych oznaczeń rozmakalności wynika, że wszystkie próbki poddane badaniu zachowały spójność oraz pierwotny kształt. Z mieszanin popiołowo–wodnych najniższym stopniem rozmakalności, wynoszącym 79%, charakteryzowała się hydromieszanina sporządzona na bazie popiołu z EC „Miasto”, niższą, aczkolwiek wysoką rozmakalność 57% wykazuje hydromieszanina sporządzona na bazie popiołu z EC „Zabobrze”. Udział żużla w badanych hydromieszaninach spowodował obniżenie stopnia rozmakalności do 61% (EC „Miasto”) i 52% (EC „Zabobrze”). Dodatek cementu do mieszanin popiołowo–wodnych spowodował dalszy wzrost odporności na rozmakalność odpowiednio do 49% (EC „Miasto”) i 43% (EC „Zabobrze”). Najwyższą odpornością na rozmakanie wykazują mieszaniny popiołowo–żużlowo–(30%)–cementowo–(10%)–wodne (31% - EC „Miasto” i 32% - EC „Zabobrze”).

7. Wnioski

Badania laboratoryjne właściwości fizykomechanicznych badanych mieszanin popiołowo–wodnych oraz analiza wyników badań pozwalają stwierdzić, że hydromieszaniny bez dodatku żużla i cementu wykazują gorsze właściwości fizykomechaniczne niż mieszaniny z dodatkiem tych komponentów. Hydromieszaniny te charakteryzują się przede wszystkim niską wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie oraz małą odpornością na rozmakalność.

Dodawanie żużla w ilości 30% do mieszanin popiołowo–wodnych wpływa korzystnie na właściwości tych mieszanin, powodując skrócenie czasu wiązania, skrócenie czasu uzyskania nośności 0,5 MPa, wzrost wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie oraz obniżenie stopnia rozmakalności w stosunku do mieszanin sporządzonych na bazie samych popiołów lotnych.

Znaczący wpływ na właściwości fizykomechaniczne badanych mieszanin ma dodatek

cementu w ilości 10% do mieszanin popiołowo–żuźłowo–(30%)–wodnych, gwarantujący uzyskanie mieszanin zestalonych wysokiej wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie i odporności na rozmakanie. Badane mieszaniny popiołowo–żuźłowo–(30%)–cementowo (10%)–wodne charakteryzują się dobrymi właściwościami fizykomechanicznymi, przede wszystkim wykazują wysokie parametry wytrzymałościowe oraz dużą odporność na rozmakalność.

Uzyskane dla badanych hydromieszanin wartości parametrów fizykomechanicznych nie odbiegają od przeciętnych wartości uzyskiwanych dla odpadów tego samego rodzaju lub takich samych mieszanin (dodatków 30% żuźła i 10% cementu) [1, 2, 3, 4, 5].

Należy dodać, że wartości analizowanych parametrów fizykomechanicznych będą się zmieniać w zależności od proporcji substancji stałej i wody w mieszaninie.

W świetle uzyskanych wyników badań laboratoryjnych należy uznać, że dwa rodzaje mieszanin odpadów z Elektrociepłowni „Miasto” i Elektrociepłowni „Zabobrze” mogą być wykorzystane jako materiał wypełniający pozostałą część zbiornika „Staniszów”:

- popiołowo–cementowo–(10%)–wodna,
- popiołowo–żuźłowo–(30%)–cementowo–(10%)–wodna.

Maszyny do rekultywacji, które będą wykorzystywane do formowania warstwy ziemi jako podłoża dla rekultywacji biologicznej są tak konstruowane, aby wywierały nacisk na podłoże nie większy niż 10 N. Taką też wytrzymałość ($R_c = 1$ MPa) powinno mieć podłoże. Spośród badanych odpadów, co najmniej taką wytrzymałość na ścinanie miało sześć mieszanin, przy czym mieszaniny popiołowo–żuźłowe cechują się stosunkowo wysoką rozmakalnością i nie gwarantują zachowania wymaganej wytrzymałości pod wpływem czynników atmosferycznych (nawodnienia).

LITERATURA

1. Mzyk T.: Określenie własności fizykochemicznych popiołów lotnych pochodzących z procesów odsiarczania spalin, sprawozdanie końcowe z projektu BW-529/RG-7/2002, Instytut Geologii Stosowanej, Gliwice 2003
2. Palarski J., Plewa F., Mysłek Z.: Wpływ gipsu poreakcyjnego na własności fizyczno–mechaniczne mieszanin popiołowo–wodnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo z. 253, Gliwice 2002.
3. Plewa F., Mysłek Z.: Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Monografia, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
4. Plewa F., Król A.: Możliwości wykorzystania drobnodziarnistych odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych w oparciu o doświadczenia z

- Elektrowni „Łaziska” i „Czechowice”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo z. 260, Gliwice 2004.
5. Pozzi M., Mzyk T.: Badania wiązania popiołów i odpadów z instalacji odsiarczania spalin ciepłowni komunalnych w Jeleniej Górze z osadami wylewiska „Staniszów”, sprawozdanie z pracy NB-242/RG7/2004, IGS Gliwice 2004 (niepublikowane).
 6. Pozzi M., Cempiel E., Grabowska K., Sowa M.: Wpływ zmian reżimu hydrogeologicznego, związanych z likwidacją kopalń węgla kamiennego, na aktualne warunki deponowania odpadów energetycznych, sprawozdanie z grantu nr 9T12B00214, Gliwice 2001.
 7. Environmental Restoration in Jelenia Góra, Poland, Phase 2 „The Blue Lagoon”, Carl Bro Environment a/s, styczeń 1995.
 8. Ocena oddziaływania na środowisko osadnika „Staniszów” zlokalizowanego w Jeleniej Górze, Arcadis Ekokonrem Sp. z o.o., Wrocław styczeń 1999.
 9. Studium wykonalności drugiego etapu rekultywacji byłego wylewiska odpadów chemicznych i osadów ściekowych Staniszków w Jeleniej Górze, opracowanego przez BEG Sp. z o.o. Wrocław we wrześniu 2003.
 10. Wniosek o uzyskanie pozwolenia na wytwarzanie, transport, odzysk i unieszkodliwianie odpadów, Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. w Jeleniej Górze, s. 32 – 38, Jelenia Góra.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wojciech Ciężkowski