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

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA MIESZANEK POPIOŁOWO-GRUNTOWYCH DO REKULTYWACJI WYROBISKA KWB W BEŁCHATOWIE

Streszczenie. Działalność górnicza, w szczególności górnictwo odkrywkowe w znacznym stopniu przekształca środowisko naturalne. Wynikająca z przepisów prawnych konieczność przywrócenia walorów użytkowych środowisku, stwarza obowiązek znalezienia odpowiednich rozwiązań techniczno-ekonomicznych dla działań rekultywacyjnych.

W pracy przedstawiono metodykę i wyniki badań mieszanek gruntowych wytwarzanych na bazie gruntu zwałowanego z nadkładu złoża i popiołów z elektrociepłowni. Wyniki badań pozwalają stwierdzić, że uzyskane mieszanki są dobrym materiałem nie tylko do prac rewitalizacyjnych, ale mogą stanowić materiał do innych robót inżynieryjno-budowlanych.

INVESTIGATION OF POSSIBILITY OF GROUND-ASHES MIXTURES TO RECULTIVATION OF EXCAVATION OF BELCHATOW BROWN COAL MINES

Summary. Mining activities, in especially surface mining, largely changes natural environment. Necessity of environment utility values restoration, resulting from the legislations, causes obligation of finding proper techno-economic solutions for reclamation.

The paper presents methodology and results of analyses of ground mixtures made on the basis of dumped ground from overlay of deposit and thermal-electric power station ashes. Studies results allow to state that mixtures are good material not only for revitalization activities, but also could be an material for other engineering-building works.

1. Wstęp

Kształtowanie środowiska na terenach górniczych wymaga najczęściej wykorzystania znacznych ilości gruntów do formowania skarp, budowy nasypów czy innego rodzaju prac niwelacyjnych. Konieczność formowania skarp oraz forma, w jakiej jest prowadzona rewitalizacja, wymagają często wykorzystania znacznych ilości materiału do prac ziemnych.

Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów" prowadzi wydobycie na dwóch polach eksploatacyjnych: Polu Bełchatów i Polu Szczerców. Z uwagi na brak wystarczającej ilości mas zwałowych do wypełnienia obu wyrobisk poeksploatacyjnych do powierzchni otaczającego terenu (łączne potrzeby to ok. 3,7 mln m^3 mas ziemnych – dostępne jedynie ok. 907 mln m^3 ze zwałowiska zewnętrznego Pola Szczerców), w przyszłości, na obszarze byłej

KWB Bełchatów, powstaną dwa wyrobiska końcowe. Naturalna tendencja do odtwarzania się zwierciadeł wody w wyrobiskach po zakończeniu odwadniania wymusza wodny kierunek ich zagospodarowania (Kasiński J., 2005). Zakłada się, że od roku 2053 rozpocznie się proces rekultywacji, a zakończenie wypełniania wodą do docelowej rzędnej +183 m n.p.m. nastąpi około roku 2080 (przyjmując możliwość dodatkowego zasilania zbiorników wodami spoza leja depresji, tj. przerzutu wód z rzeki Warty), powodując utworzenie zbiorników o powierzchni ok. 20 km^2 każdy i głębokości 95- 100 m.

Wyrobisko końcowe Pola Bełchatów po zakończeniu eksploatacji węgla w 2019 roku będzie wypłycane masami ziemnymi ze zwałowiska zewnętrznego Pola Szczerców. Już obecnie masy ziemne pochodzące ze zdejmowanego nadkładu w Polu Szczerców są wbudowywane w zwałowisko wewnętrzne w wyrobisku Bełchatów. Od 1993 r. w trakcie formowania zwałowiska wewnętrznego, we wschodniej części wyrobiska, prowadzono nieselektywne składowanie popiołów, pochodzących ze spalania węgla w El. Bełchatów, przy odpowiedniej proporcji mieszania ze zwałowanymi masami ziemnymi. W związku z przesuwaniem się frontów eksploatacyjnych w kierunku zachodnim, po stronie wschodniej nie ma już potrzeby utrzymywania odwadniania i następuje kontrolowana odbudowa zwierciadła wód podziemnych. Wody w obszarze wzniosu zawierają podwyższone stężenia siarczanów (2-4 razy), w stosunku do tła hydrochemicznego wynoszącego 60 mg SO^{-2}_4/dm^3. Jednak szczegółowe badania izotopowe wskazują na brak genetycznego związku z popiołami zwałowanymi na zwałowisku wewnętrznym oraz na składowisku „Bagno-Lubień”(Martyniak R., Sołtyk W., 2010). Składowisko popiołów i żużli pochodzących z hydraulicznego odpopielania Elektrowni Bełchatów jest zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie wyrobiska pola Bełchatów w kierunku na północ od jego granicy. Na powierzchni około 500 ha zgromadzono dotychczas około 80 mln m^3 odpadów –popiołów i żużli (ubocznych produktów spalania). W obliczu znacznego deficytu mas ziemnych potrzebnych do wypełniania wyrobiska w Polu Bełchatów (formalnie –rekultywacji) proponuje się wykorzystanie odpadów ulokowanych na składowisku „Bagno-Lubień”. Wykorzystanie odpadów pozwoliłoby uzyskać znaczne korzyści ekonomiczne- mniejsze zużycie energii i materiałów (wynikające z różnicy długości transportu: składowisko-odkrywka w stosunku: odkrywka Szczerców - odkrywka Bełchatów - ok. 5 km) oraz odzyskanie terenu po składowisku. Wcześniejsze doświadczenia z okresu składowania popiołów na składowisku wewnętrznym wskazują także na korzystny wpływ tych odpadów na własności geologiczno-inżynierskie gruntów (Uberman R., Mikołajczak J., 2004).

2. Program badań laboratoryjnych

Prowadzone badania dotyczyły materiału gruntowego, wytworzonego przez zmieszanie gruntów naturalnych: piasków (próbka 1) i iłów (próbka 2) pochodzących ze zdejmowanego nadkładu w Polu Szczerców z odpadem (próbka 3) pochodzącym ze składowiska „Bagno-Lubień". Próbki zostały pobrane we wrześniu 2011 roku w sposób losowy.

Do badań laboratoryjnych przeznaczono dwie próbki (A i B) mieszanin popiołowo-gruntowych:

- Próbka A – mieszanina popiołowo – piaskowa, w stosunku objętościowym 1 : 1 zmieszana do uzyskania jednorodnego gruntu,
- Próbka B – mieszanina popiołowo – iłowa, w stosunku objętościowym 1 : 1 zmieszana do uzyskania jednorodnego gruntu.

Celem badań laboratoryjnych było określenie możliwości wykorzystania powstałego nowego materiału gruntowego – mieszanin popiołowo-gruntowych do robót ziemnych, w szczególności do prac niwelacyjnych i budowy nasypów (Batog A., Hawrysz M., 2011). Badania wybranych parametrów geotechnicznych wykonano zgodnie z metodyką podaną w normie PN-B-04481:1988. Zakres badań zgodnie z wymogami normy obejmował oznaczenie:

- składu granulometrycznego (zawartości frakcji podstawowych) oraz:
  - wskaźnika różnoziarnistości,
  - wskaźnika krzywizny uziarnienia,
- parametrów zagęszczenia:
  - maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego,
  - wilgotności optymalnej,
  - wilgotności naturalnej,
- parametrów określających wysadzinowość gruntu (kapilarność bierną, zawartości cząstek d < 0,075 mm i 0,02 mm, wskaźnika swobodnego pęcznienia),
- wskaźnika wodoprzepuszczalności *k*,
- wytrzymałości na ścinanie:
  - kąta tarcia wewnętrznego,
  - spójności,
- ściśliwości
  - edometrycznego modułu ściśliwości w przedziale obciążeń 25 – 100 kPa,
  - edometrycznego modułu ściśliwości w przedziale obciążeń 100 – 200 kPa,
- zawartość części organicznych I_{om} .

Skład granulometryczny badanych materiałów określono na podstawie analizy sitowej metodą „na mokro” oraz w zakresie drobnych frakcji metodą areometryczną.

Maksymalną gęstość objętościową oznaczono zgodnie z metodyką podaną w PN-B-04481:1998 w aparacie Proctora metodą II. Wilgotność oznaczono metodą grawimetryczną.

Przyjęto kryterium wysadzinowości gruntu wg Wiłuna. Kapilarność bierną Hkb oznaczono zgodnie z wymogami normy PN-B-04493:1960. Zawartość cząstek poniżej 0,075 i 0,02 mm (kryterium Wiłuna) odczytano z krzywej uziarnienia. Wskaźnik pęcznienia określono zgodnie z wymogami normy PN-S-02205:1998. załącznik A (normatywny) pkt A.2.4., z wykorzystaniem znormalizowanego cylindra z aparatu Proctora o objętości 1,0 dm^3.

Przepuszczalność gruntów scharakteryzowano wartością współczynnika filtracji, zgodnie z wymogami normy PN-55/B-04492. Oznaczenie współczynnika filtracji wykonano w aparacie Wiłuna.

Parametry wytrzymałości na ścinanie określono zgodnie z wymogami normy PN-89/B-04483, PN-89/B-04482, PN-88/B-04481 w aparacie bezpośredniego ścinania. Do wykonania oznaczeń wykorzystano skrzynki 60 x 60 x 60 mm. Z uwagi na dostarczenie próbek o naruszonej strukturze, w trakcie oznaczenia stosowano konsolidację próbek przez okres ok. pół godziny.

Badanie ściśliwości przeprowadzono zgodnie z wymogami normy PN-B-04481:1988 w edometrze typu ITB w dwóch przedziałach obciążeń – 25 – 100 kPa oraz 100 – 200 kPa.

Zawartość części organicznych I_{om} oznaczono zgodnie z normą PN-B-04481:1988. metodą Tiurina.

Kontrolnie oznaczono również w mieszaninach zawartość zanieczyszczeń organicznych, stosując metodę wyprażania próbki analitycznej uprzednio wysuszonej w temp. 105^0C do stałej masy w 400^0C. Wyższa temperatura wyprażania spowodowałaby rozkład węglanów. Jako zawartość substancji organicznej określono procentowy ubytek masy w stosunku do masy początkowej próbki analitycznej (różnica do 100% stanowi zawartość popiołu).

3. Charakterystyka badanego materiału gruntowego

3.1. Ocena mieszanek pod względem zagęszczalności

Na podstawie przeprowadzonych analiz laboratoryjnych można stwierdzić, że sporządzone mieszanki popiołowo-gruntowe są zróżnicowane (tab.1). Mieszanka A odpowiada piaskom średnim bardzo nierównomiernie (C_U = 32,2) oraz dobrze uziarnionym (C_c = 1,43), pozwalającym się dobrze zagęścić. Mieszanka B odpowiada glinom pylastym

zwięzłym nierównomiernie (C_U = 9,5) i źle uziarnionym (C_c = 0,71), i jest materiałem źle zagęszczalnym.

Z uwagi na wilgotność mieszanka A charakteryzuje się mniejszą wilgotnością naturalną w stosunku do wilgotności optymalnej o około 2%. Oznacza to, że mieszanka popiołowo-piaskowa powinna być wytwarzana bezpośrednio przed wykorzystaniem, a w czasie jej sporządzania powinna być nieco nawilżona, np. zraszana w trakcie transportu na przenośniku. Mieszanka B charakteryzuje się natomiast wyższą o około 5% wilgotnością naturalną od wilgotności optymalnej. Oznacza to, że przed sporządzeniem mieszanki popiołowo-iłowej, wykorzystywane iły powinny być nieco przesuszone, lub po sporządzeniu mieszanki wytworzony grunt powinien być przez krótki czas sezonowany- np. w transporcie w formie rozłożonej na taśmociągu – powinien ulec wystarczającemu podsuszeniu.

3.2. Ocena mieszanek pod względem zawartości części organicznych

Wytworzone mieszanki popiołowo - gruntowe, zarówno na bazie piasku, jak i iłu wykazują niższe od dopuszczalnych zawartości części organicznych oznaczanych metodą Tiurina wg PN-B-04481:1988 (poniżej 2%). Należy zauważyć, że zgodnie z wymogami normy PN-S-02205:1998 grunty na bazie popiołów i żużli mogą zawierać do 10% niespalonego węgla. Wytworzone mieszaniny spełniają również to kryterium.

3.3. Ocena mieszanek pod względem wysadzinowości

Zgodnie z kryterium wysadzinowości Wiłuna mieszanka A klasyfikuje się do gruntów wątpliwych. Jest to spowodowane stosunkowo dużą zawartością drobnych ziaren o średnicach poniżej 0,02 mm oraz pęcznieniem liniowym powyżej 1%. Mieszanina popiołowo-iłowa (mieszanka B) klasyfikuje się do gruntów wysadzinowych. Wynika to z wysokiej zawartości drobnych ziaren o średnicach poniżej 0,075 i 0,02 mm, co przekłada się na wysokie wartości kapilarności biernej (powyżej 2,0 m), oraz pęcznienia liniowego (do 11,4%).

3.4. Ocena mieszanek pod względem wytrzymałości na ścinanie i ściśliwości

Mieszanka A charakteryzuje się średnimi wartościami kąta tarcia wewnętrznego od 30,2 do $32,7^0$ i nie wykazuje spójności. Natomiast mieszanka B charakteryzuje się niskimi wartościami kąta tarcia wewnętrznego od 15,2 do $15,6^0$ oraz średnią spójnością od 21,82 do 23,89 kPa. Z uwagi na ściśliwość, mieszanka A charakteryzuje się wyższymi wartościami modułu ściśliwości przy 200 kPa obciążenia – do 31,8 MPa, będzie stanowiła nośne podłoże gruntowe. Mieszanka B charakteryzuje się niskimi wartościami modułu ściśliwości przy 200 kPa obciążenia maksymalnie do 19,8 MPa i mogłaby być podłożem dla niewielkich obiektów budowlanych.

4. Podsumowanie wyników badań

Na podstawie przeprowadzonych analiz laboratoryjnych można stwierdzić, że sporządzone mieszanki popiołowo-gruntowe wytworzone na bazie gruntów naturalnych piasków średnich i iłów oraz odpadów paleniskowych – popiołów można wykorzystać do ziemnych robót budowlanych (Pisarczyk S., 2004).

Oznaczone właściwości mieszanek pozwalają stwierdzić, że wytworzone grunty mogą być z powodzeniem wykorzystane do prac niwelacyjnych – do budowy nasypów poniżej strefy przemarzania i powyżej zwierciadła wód gruntowych - wg PN-S-02205:1998, a mieszanka A również poniżej zwierciadła wód gruntowych.

Wykorzystanie sporządzonych mieszanin popiołowo – gruntowych do robót ziemnych rekultywacyjnych jest także uzależnione, oprócz spełnienia przez nie wymogów geotechnicznych dla takich celów, od spełnienia wymogów braku negatywnego oddziaływania na środowisko – w szczególności na środowisko wodne. Jak wspomniano wcześniej, dotychczas nie wykazano bezpośredniego wpływu ulokowanych w wyrobisku popiołów na jakość wód w obszarze odbudowanego zwierciadła wód podziemnych. Tym niemniej potencjalne zagrożenie zanieczyszczenia wód podziemnych substancjami ługowanymi z odpadów występuje szczególnie w sytuacji, gdy odpady znajdą się w strefie saturacji.

Dla określenia potencjalnego zagrożenia dla jakości wód podziemnych oznaczono podstawowe wskaźniki zanieczyszczeń, mogących migrować w postaci odcieków do środowiska (Woźniak M., Żygadło M., Latosińska J., 2004). Przygotowanie wyciągu wodnego przeprowadzono zgodnie z metodyką podaną w PN-98/Z150012 – Odpady stałe. Z próbek A i B przygotowano próbki o masie 100 g (suchej masy) każda i zalano w butelce

wodą destylowaną w ilości zapewniającej zachowanie stosunku 1:10 suchej masy do masy wody. Po godzinie butelkę z zalaną mieszaniną zamknięto i wytrząsano na wytrząsarce laboratoryjnej przez 4 h. Następnie otwartą butelkę pozostawiono na 16 h. Po tym czasie zawartość butelki wytrząsano przez kolejne 4 h i pozostawiono na 2 h. Następnie zawartość, przesączoną przez twardy sączek, zebrano w oznakowanej kolbie stożkowej. Objętość uzyskanej w ten sposób próbki wynosiła ok. 1 dm^3 .

Zakres analizy chemicznej z wyciągu wodnego obejmował analizę podstawową, w tab. 2 podano także wartości dopuszczalne wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 r. nr 137 poz. 984 z późn. zm.).

Ekstrakty wodne mieszanin popiołowo-gruntowych uzyskane po ługowaniu ich wodą destylowaną w stosunku wagowym 1:10 charakteryzują się niską mineralizacją (substancje rozpuszczalne zostały w większości wyługowane na składowisku), odczynem zasadowym, wysoką twardością ogólną. Największy udział w mineralizacji wody posiadają jony SO_4^{-2} i Ca^{+2} oraz Na^+.

Po wyłączeniu systemu odwadniania cała bryła zwałowiska wewnętrznego znajdzie się w strumieniu wód podziemnych, drenowanych przez cieki powierzchniowe, głównie rzekę Widawkę. Ujęcia wód podziemnych dla Bełchatowa i Piotrkowa Trybunalskiego znajdą się poza strefą tego przepływu. Należy stwierdzić, że stopień zagrożenia dla jakości wód podziemnych będzie niewielki, zważywszy na znaczne rozcieńczenie ługowanych substancji, tym niemniej do cieków powierzchniowych odprowadzany będzie określony ładunek SO_4.

Tabela 1

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych mieszanek

Właściwości	Parametry	Mieszanka	
		A	B
Uziarnienie	Zawartość frakcji kamienistej i żwirowej, $f_k+f_ż$ %	4	0
	Zawartość frakcji piaskowej (0,05-2,0 mm), f_p	82	36
	Zawartość frakcji pyłowej (0,002-0,05 mm), f_π%	9	42
	Zawartość frakcji iłowej, (poniżej 0,002), f_i %	5	22
	Symbol gruntu wg: - PN-86/B-02480 - PN-En ISO 14688:2006	Pd siSa	Gz sasiCl
	Wskaźnik jednorodności uziarnienia C_u	35,2	9,5
	Wskaźnik krzywizny uziarnienia C_c	1,43	0.71
Zawartość części organicznych	Oznaczona metodą utleniania Turina I_{om} %	1,3	1,6
	Zawartość niespalonego węgla %	2,7	3,2
Wilgotność	Naturalna dla próbki pobranej, w_i %	12,4	21,1
Parametry zagęszczalności	Wilgotność optymalna, w_{opt} %	14,4	16,6
	Maksymalna gęstość obj. szkieletu gruntowego, ρ_{ds} Mg/m^3	1,80x10^3	1,92x10^3
Wysadzinowość	Zawartość cząstek o średnicy d≤0,075mm	18	82
	Zawartość cząstek o średnicy d≤0,02 mm	10	51
	Kapilarność bierna H_{kb}	0,87 m	2,0 m
	Wskaźnik swobodnego pęcznienia ε^o_p	1,4	11,1
	Grupa wysadzinowości	Grunt wątpliwy	Grunt wysadzinowy
Wodoprzepusz-czalność	Wspł. filtracji *k* wg wzoru (m/s)	3,2x10^{-5}	1x10^{-7}
	Wspł. filtracji *k* wg wzoru USBSC (m/s)	1,2x10^{-8}	1,5x10^{-12}
Wytrzymałość na ścinanie	Kąt tarcia wewnętrznego φ (^{0})	30,2-32,7	15,2-16,6
	Spójność *c* (kPa)	0,0	21,8- 23,9
Ściśliwość	Edometryczny moduł ściśliwości M_o dla przedziału obciążeń 25-100kPa [MPa]	9,2-25,1	7,1-19,8
	Edometryczny moduł ściśliwości Mo dla przedziału obciążeń 100-200kPa [MPa]	23,4-31,8	18,3 – 27,1

Tabela.2

Wyniki analizy wyciągu wodnego badanych próbek

Lp.	Oznaczenie	Jednostka	Wynik oznaczenia		Wart dopuszczalne wg rozp. Min. Środowiska z 24 lipca 2006
			mieszanka A	mieszanka B	
1.	odczyn	pH	12,17	10,82	6,5 – 9,0
2.	barwa	-	bezbarwny	bezbarwny	n.o.
3.	elektrolityczna przewodność właściwa	µS/cm	680	785	n.o.
4.	sucha pozostałość	mg/dm^3	347	429	n.o.
5.	twardość ogólna	$mgCaCO_3/dm^3$ $mval/dm^3$	672 16,77	399 9,96	n.o.
6.	wapń	$mgCa^{+2}/dm^3$	274	221	n.o.
7.	azot amonowy	$mgNH_4^+/dm^3$	0,0	0,0	10
8.	azot azotanowy	$mgNO_3^-/dm^3$	0,0	0,0	30
9.	azot azotynowy	$mgNO_2^-/dm^3$	0,0	0,0	1
10.	chlorki	$mgCl^-/dm^3$	1,4	1,4	1000
11.	siarczany	$mgSO_4^{-2}/dm^3$	259	291	500
12.	potas	mgK/dm^3	3,5	8,4	80
13.	sód	$mgNa/dm^3$	11,2	13,8	800
14.	fluorki	mgF/dm^3	brak*	brak*	25
15.	magnez	$mgCr/dm^3$	3,42	12,76	n.o.
16.	mangan	$mgMn/dm^3$	0,008	0,006	n.o.
17.	żelazo	$mgFe/dm^3$	0,005	0,008	10

brak* – wartość poniżej granicy oznaczalności dla wybranej metody.
n.o. – w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 r. nr 137 poz. 984 z późn. zm.) nie określono wartości wskaźnika.

Proponowane rozwiązanie będzie wymagać przeprowadzenia postępowania formalno-prawnego w celu uzyskania decyzji administracyjnej, dotyczącej odzysku odpadów poza instalacjami, związanej z przeprowadzeniem postępowania w sprawie oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko.

BIBLIOGRAFIA

1. Batog A., Hawrysz M.: Zastosowanie mieszanek popiołowo-gruntowych do budowy nasypów drogowych. Geoinżynieria, 4/2011 (33), s. 26-30.
2. Kasiński J.: Elektrownie składują odpady w wyrobiskach węgla brunatnego. Informator REA 11/2005, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, s. 4-7.

3. Martyniak R., Sołtyk W.: Zmiany chemizmu wód podziemnych zachodzących na skutek odwadniania złoża węgla brunatnego „Bełchatów" w monografii „50 lat pracy geologów na złożu Bełchatów", 2010.
4. Pisarczyk S.: Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
5. Uberman R., Mikołajczak J.: Możliwości wykorzystania odpadów do rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych. Miesięcznik WUG nr 2/2004, s. 10-17.
6. Woźniak M., Żygadło M., Latosińska J.: Ocena chemicznej stabilności osadów ściekowych składowanych w naturalnych warunkach środowiskowych. Ochrona Środowiska, nr 1/2004, s. 25-31.

Abstract

Environmental management on mining areas requires use of significant amounts of ground for formation of escarpments, buliding embankments and other leveling works.
Lignite Mine "Bełchatów" leads mining on two operating fields : Bełchatów and Szczerce.
There is lack of sufficient mass of land for excavation voids fulfillment.
Shortage of ground mass needed for area formation after completion of mining could be supplemented by ashes and slags deposited on "Bagno-Lubień" landfill.
Conducted research related to ground material prepared by mixing natural ground: sands (samples 1), clays (sample 2) from the overburden in Szczerce Field and wastes (sample 3) from "Bagno-Lubień" landfill.
Purpose of the studies was identification of possibilities of using formed new ground material for land works, in particular leveling works and buliding embankments.

The studies show that prepared ash-ground mixtures may be used for buliding embankments, leveling works above the water table nad below the water table (mixture A).