

Jerzy SABLIK

Główny Instytut Górnictwa, Katowice

METODY WZBOGACANIA KOPALIN I WĘGIEL W PROCESACH OCZYSZCZANIA GRUNTÓW SKAŻONYCH ROPOPOCHODNYMI

Streszczenie. Do oczyszczania gruntów skażonych substancjami ropopochodnymi zastosowano węgiel oraz znane metody stosowane w procesach wzbogacania kopaliny, aglomerację olejową i flotację. Stwierdzono także, że znacznie łatwiej i bardziej efektywnie oczyszcza się tymi metodami z ropopochodnych, piasek w porównaniu z glebą zawierającą humusowe pozostałości po rozpadzie roślin.

PREPARATION METHODS AND COAL APPLIED FOR REMEDIATION OF SOILS POLLUTED BY PETROLEUM DERIVATIVES

Summary. For remediation of soils polluted by petroleum derivatives coal and methods used in preparation processes - oil agglomeration and flotation - were applied. The laboratory scale investigation results have shown that both the methods made possible to obtain a high grade of soil remediation. It was found as well, that using these methods easier and with better results sand polluted by petroleum derivatives can be cleaned in comparison with soils containing remainders of plant debris.

1. Wstęp

Skazanie gruntów wywiera obok zanieczyszczeń powietrza i wód istotny wpływ na stan ekologiczny środowiska naturalnego. Spośród licznych znanych zanieczyszczeń gruntów, powodowane substancjami ropopochodnymi należą do częstszych. Powstają one w wyniku stałych oddziaływań wynikających z lekceważenia norm postępowania obowiązujących w magazynach paliw płynnych, bazach transportu drogowego i lotniczego, stacjach benzynowych, a także nieprawidłową eksploatację składowisk poprodukcyjnych zakładów petrochemicznych oraz składowisk zaolejonych zwiercin. Skazania takie mogą mieć także charakter incydentalny i być skutkiem awarii środków transportu, działalności przestępczej związanej z uszkodzeniem

rurociągów dla uzyskania doraźnych korzyści lub działalności terrorystycznej. Skazanie gruntu ropopochodnymi nie tylko ogranicza jego bieżące użytkowanie, ale może spowodować zanieczyszczenie wód zarówno powierzchniowych, jak i gruntowych i w następstwie ujęć wody pitnej.

Najogólniej zatem określić można dwa podstawowe cele działań zmuszających do remediacji skażonych gruntów:

- przywrócenie powierzchni ziemi właściwości umożliwiających jej wykorzystanie jako obszarów rolnych, dla potrzeb budownictwa lub terenów rekreacyjnych,
- zapobieganie przedostawaniu się substancji skażających do wód, często będących źródłem wody pitnej.

Aktualnie w zależności od konkretnych uwarunkowań terenowych i rozmiarów skażeń stosować można dla oczyszczania gruntów takie metody, jak odparowanie, wymywanie i ekstrakcję, wypalanie, biodegradację oraz sorpcję na materiałach porowatych lub hydrofobowych [1-3].

W przypadku kiedy skażony teren jest stosunkowo niewielki, wiele zalet mają metody exsitu oczyszczania gruntu na mokro poprzez desorpcję oleju z powierzchni ziarn mineralnych i jego adsorpcję na powierzchni ziarn węglowych. Powinowactwo apolarnych olejów z hydrofobowymi powierzchniami węgla jest znacznie większe od powinowactwa tych olejów z powierzchnią ziarn tworzących grunt. W czasie zatem kontaktu skażonych olejem ziarn gruntu z ziarnami węgla w zawiesinie wodnej następuje desorpcja oleju z ziarn występujących w gruntach na ziarna węglowe. Dla uzyskania dużej powierzchni sorpcyjnej węgiel powinien być rozdrobiony do ziarn o rozmiarach występujących w mułach węglowych. Aby uzyskać oczyszczony grunt, trzeba oddzielić od niego zaolejony węgiel. Można do tego celu wykorzystać technologie znane w przeróbce kopalni, a przede wszystkim flotację lub aglomerację olejową. Badania w tym zakresie prowadzone są w ośrodkach naukowo-badawczych na świecie [3-5], jednak uzyskiwane rezultaty nie są w pełni zadowalające [3]. Również w kraju prowadzone są od kilku lat badania, których celem jest opracowanie efektywnej metody oczyszczania gruntów z zanieczyszczeń ropopochodnych metodą sorpcji na węglu [6-10]. Przewiduje się w tym przypadku prowadzenie procesu flotacji w nowoczesnej kolumnie flotacyjnej [11-12], co powinno powiększyć skuteczność remediacji. W przypadku większych skażeń gruntów metodą korzystniejszą powinna być aglomeracja olejowa. Dominującą rolę w tym procesie gra czynnik mechaniczny warunkujący powstawanie cząstek zaglomerowanych pochłaniających stosunko-

wo duże ilości oleju. Największy postęp w zakresie badania tego procesu poczyniono w A.R.C. w Kanadzie [5].

W dalszym ciągu tej pracy przedstawiono wyniki badań zastosowania krajowych węgli energetycznych oraz metody aglomeracji olejowej lub flotacji do oczyszczania gruntów skażonych substancjami ropopochodnymi.

2. Materiały do badań

Grunt o własnościach gleby pobrano z terenu otoczenia Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach. Grunt taki pozbawiono większych części roślinnych oraz większych ziarn mineralnych poprzez odsiewanie. Grunt ten zawierał zarówno składniki nieorganiczne, jak i humusowe pozostałości po rozpadzie roślin. Stwierdzono, że materiał ten był już skażony ropopochodnymi i zawierał około 0,4 g zanieczyszczeń olejowych na 1 kg. Do celów badawczych przygotowano próbki gleby o skażeniu 1% (10 000 mg/kg), 3% (30 000 mg/kg) oraz 5% (50 000 mg/kg), poprzez dodanie odpowiednich ilości oleju napędowego do badanych gruntów. W podobny sposób przygotowano przeznaczoną do badań próbkę piasku. Uwzględniając zgromadzoną wcześniej wiedzę o flotowalności różnych typów węgla do badań wytypowano muły węgla energetycznych z kopalni „Murcki” oraz z kopalni „Szczygłowice”. Charakterystykę granulometryczną ww. mułów przedstawiono w tablicy 1. Właściwością niekorzystną z

Tablica 1

Charakterystyka ziarnowo-popiołowa mułów węglowych

Klasa ziarna μm	Kopalnia							
	Murcki, %				Szczygłowice, %			
	Wychód, γ	Popiół, A^a	$\Sigma\gamma$	A^a_{ir}	Wychód, γ	Popiół, A^a	$\Sigma\gamma$	A^a_{ir}
+ 500	2,8	6,4	2,8	6,4	1,2	8,9	1,2	8,9
500 - 300	2,5	6,8	5,3	6,6	1,5	6,3	2,7	7,5
300 - 200	9,9	9,2	15,2	8,3	6,7	4,3	9,4	5,2
200 - 100	13,0	13,7	28,2	10,8	9,8	6,8	19,2	6,0
100 - 60	7,0	20,5	35,2	12,7	9,8	8,5	29,0	6,9
- 60	64,8	55,8	100,0	40,6	71,0	41,4	100,0	31,4

Jako środek pianotwórczy w procesie flotacji zastosowano odczynnik FLC [14]

punktu widzenia prowadzonych badań jest stosunkowo duża zawartość w nich popiołu, szczególnie w przypadku mułu z kopalni „Murcki”. O ich zastosowaniu zdecydowała jednak duża selektywność, z jaką flotuje się węgiel tej kopalni [13].

3. Metodyka badań

Celem badań było wyznaczenie podstawowych parametrów technologicznych procesu desorpcji substancji ropopochodnych ze skażonych gruntów, ich adsorpcji na powierzchni węgla oraz rozdział zwilżonego ropopochodnymi węgla od oczyszczonej gleby. Założono, że kontrolowany będzie także stopień oczyszczania wody używanej w procesie technologicznym, ponieważ proces rozdziału węgla od oczyszczanego gruntu prowadzono metodą aglomeracji olejowej i flotacji.

3.1. *Odolejanie z wykorzystaniem procesu aglomeracji olejowej*

Skażoną olejem napędowym próbkę badanego gruntu mieszano z mułem węglowym w stosunku 1:10 lub 1:5, a następnie z wodą tak, aby koncentracja części stałych wynosiła 100 kg/m³ lub 150 kg/m³. Powstałą zawiesinę (400 cm³) mieszano intensywnie, przy czym liczba obrotów specjalnego mieszadła wynosiła 1000/min; 2000/min lub 4000/min, a czas mieszania 1 min, 2 min lub 5 min. Powstałe w trakcie mieszania zaglomerowane cząstki oddzielano od oczyszczonego gruntu w kolumnie flotacyjnej laboratoryjnej, nie używając substancji pianotwórczych. Uzyskane produkty odwadniano. Analizie na zawartość ropopochodnych poddawano oczyszczoną glebę oraz wody uzyskane w efekcie odwadniania koncentratu węglowego i oczyszczonego gruntu. Oznaczano także zawartość popiołu w koncentracie węglowym.

3.2. *Odolejanie z wykorzystaniem procesu flotacji*

Skażoną olejem napędowym próbkę gruntu mieszano z mułem węglowym w odpowiednim stosunku wagowym oraz z wodą, tak aby koncentracja części stałych wynosiła 100 kg/m³. Doświadczenie prowadzono w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej subaeracyjnej o pojemności komory równej 1 dm³. Wyznaczony we wstępnej fazie badań czas kondycjonowania zawiesiny wyniósł 120 s. Na 30 s przed zakończeniem kondycjonowania dodawano odczynnik pianotwórczy w ilości 50 mg/100 g mułu. Oczyszczany grunt oraz wody procesowe analizowano ze względu na zawartość ropopochodnych, a koncentrat węglowy na zawartość popiołu.

3.3. Oznaczanie zawartości ropopochodnych w gruntach i w wodzie

Zawartość ropopochodnych w gruntach i w wodzie oznaczano metodą opisaną w literaturze [15] i polegającą na ekstrakcji tych substancji z danej próbki czterochlorkiem węgla i oznaczeniem ich zawartości w ekstrakcie metodą piknometryczną.

4. Wyniki badań i ich omówienie

Wyniki badań odolejania gruntów z zastosowaniem metody aglomeracji olejowej przedstawiono w tablicach 2-4, a odolejania z zastosowaniem metody flotacji na rys. 1 i w tablicach 5 i 6.

Stopień redukcji zawartości oleju w gruncie w zależności od udziału węgla w zawieszynie ze skażoną glebą przedstawiono na rys. 1. Ze wzrostem udziału węgla w mieszaninie istotnie maleje zawartość oleju w oczyszczonym gruncie, ale już kiedy udział ten wynosi 20%, stopień redukcji osiąga wartość około 93%. Ponieważ ewentualne praktyczne wykorzystanie uzyskanych wyników musi zakładać możliwość małego udziału węgla w procesie odolejania, uznano, że dalsze badania należy prowadzić przy udziale 20% węgla w mieszaninie i sprawdzeniu, czy w niektórych przypadkach udział ten nie mógłby być zmniejszony do 10%.

Zamieszczone w tablicach 2 i 3 wyniki badań umożliwiają dokonanie oceny przydatności aglomeracji olejowej do oddzielania zaolejonego węgla od oczyszczonej gleby oraz umożliwiają analizę wpływu parametrów procesu na jego skuteczność. Parametrami zmiennymi procesu były: liczba obrotów mieszadła, udział węgla w mieszaninie ze skażoną glebą, czas mieszania zawiesiny, koncentracja części stałych w zawieszynie oraz stopień skażenia badanego gruntu. Najbardziej znaczący wpływ na stopień redukcji ropopochodnych w glebie ma intensywność mieszania (liczba obrotów mieszadła) zawiesiny węgla i skażonej gleby. Jeżeli liczba obrotów mieszadła wynosiła 4000/min, to już przy zawartości węgla adsorbującego olej równej 10% uzyskuje się optymalny wynik odolejania bez względu na stopień skażenia gleby. Pozostałość ropopochodnych w glebie nie przekracza 300 mg/kg, a jednocześnie ich pozostałość w filtracie i użytych wodach procesowych jest mała i w optymalnych przypadkach nie przekracza kilkunastu do kilkudziesięciu mg/kg. Wynik taki uzyskuje się przy najmniejszym z przebadanych czasie mieszania (1 min). Nie zmienia także w sposób istotny innych wyników wzrost koncentracji części stałych w zawieszynie poddawanej procesowi odolejania (tabl. 3).

Tablica 2

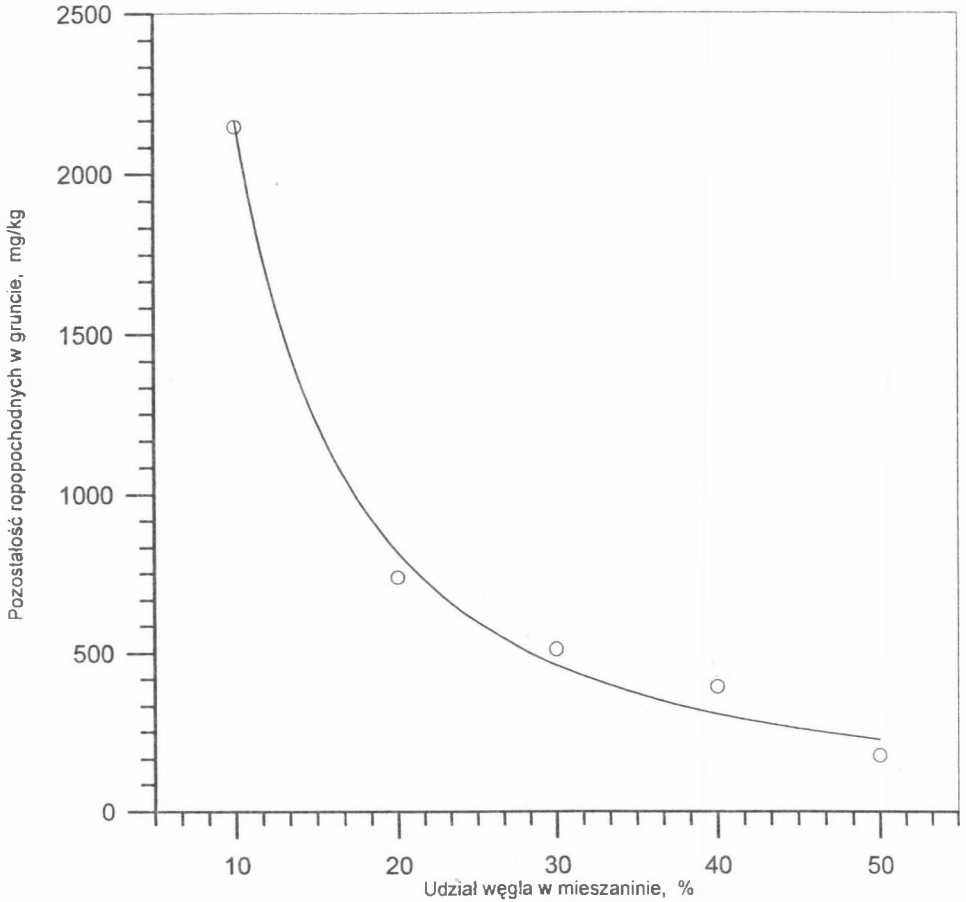
Wpływ liczby obrotów mieszadła i udziału węgla w zawieszinie na stopień odolejania gruntu, przy czasie mieszania równym 5 minut

Parametry procesu	Udział węgla w nadawie, %	10									20								
	Liczba obrotów mieszadła, n/min	1000			2000			4000			1000			2000			4000		
	Zawartość oleju w gruncie, %	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Parametry charakteryzujące wyniki odolejania	Zawartość oleju w oczyszczonym gruncie, mg/kg	6123	10060	16300	2570	1117	1412	198	213	256	3591	8433	11370	1520	1633	1998	273	292	294
	Zawartość oleju w filtracie, mg/kg	146	437	451	248	378	411	10	9	7	481	241	209	209	213	299	25	49	8
	Zawartość oleju w wodzie poprocesowej, mg/kg	21	60	50	26	21	27	0,8	0,2	0,1	36	21	28	17	18	21	1,6	1,6	0,7
	Zawartość popiołu w koncentracie węglowym, %	45	42	26	35	33	32	49	59	48	38	25	25	31	30	29	27	40	43
	Stopień redukcji ropopochodnych w gruncie, %	39	76	67	87	96	97	98	99	99,5	64	72	77	85	95	96	97	99	99,5

Tablica 3

Wpływ czasu mieszania i koncentracji części stałych na stopień odolejania gruntu
przy liczbie obrotów miedzsadła równej 4000/min i udziale węgla w nadawie równym 20%

Parametry procesu	Koncentracja części stałych, kg/m ³	100									150								
		1			2			5			1			2			5		
		1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
Parametry charakteryzujące wyniki odolejania	Zawartość oleju w oczyszczonym gruncie, mg/kg	321	346	369	154	141	368	273	292	394	326	249	300	329	154	192	348	311	316
	Zawartość oleju w filtracie, mg/kg	25	27	29	41	21	1	75	49	8	93	57	11	36	30	20	33	41	20
	Zawartość oleju w wodzie poprocesowej, mg/kg	17	8	2	6	5,3	1,1	1,6	9,6	7	2,8	11	1	13	12	1	17	10	2
	Zawartość popiołu w koncentracie węglowym, %	39	54	54	23	44	48	27	55	44	32	54	54	26	51	48	25	41	40
	Stopień redukcji ropopochodnych w gruncie, %	97,0	99,0	99,3	98,5	99,5	99,3	97,0	99,0	99,4	97,0	99,0	99,4	97,0	99,5	99,6	97,0	99,0	99,4



Rys. 1. Zależność stopnia odkażenia gruntu od udziału mułu węglowego w mieszaninie z ziemią zawierającą 10000 mg/kg ropopochodnych z zastosowaniem do rozdziału metody flotacji

Fig. 1. The relationship between ratio of oil remediation and percentage of coal slurry in mixture which consists 1000 mg/kg oil rests - using flotation method

Najbardziej niekorzystnym efektem oczyszczania gruntu (gleby) w omawianym procesie jest koncentrat węglowy o dużej zawartości popiołu, szczególnie jeżeli intensywność mieszania zawiesiny jest duża. Należy sądzić, że do koncentratu przedostają się w tym przypadku humusowe pozostałości po roślinach o wysokiej zawartości popiołu, z których desorpcja ropopochodnych jest utrudniona.

W przypadku kiedy odolejano metodą aglomeracji olejowej piasek, wyniki były bardziej korzystne (tabl. 4), a warunki prowadzenia procesu aglomeracji bardziej dogodne. Dotyczy to przede wszystkim intensywności mieszania zawiesiny. Już przy liczbie obrotów równej 1000/min uzyskano z piasku o zawartości 50 000 mg/kg piach o zawartości ropopochodnych mniejszej od 150 mg/kg oraz wody procesowe o zmniejszonym zanieczyszczeniu. W tym przypadku kiedy w gruncie poddawanych czyszczeniu nie występowały zawierające dużo popiołu części roślin, uzyskano niskopopiołowe koncentraty węglowe.

Zastosowanie do oczyszczania gruntów skażonych ropopochodnymi bezpośrednio flotacji umożliwiło także uzyskanie wysokiego, sięgającego ponad 97%, stopnia redukcji tych zanieczyszczeń w glebie oraz jeszcze wyższego (99,7%) stopnia redukcji w badanym piasku (tabl. 5), chociaż w liczbach bezwzględnych wartości te są wyższe, niż to miało miejsce w przypadku oczyszczania metodą aglomeracji olejowej. Stosunkowo małe są zawartości oleju w filtracie i wodzie poprocesowej, przy czym najmniejsze są one w przypadku, kiedy oczyszczany był piasek. Oczyszczanie gleby z ropopochodnych w kolumnie flotacyjnej typu „FLOKOB” (tabl. 6) nie poprawiło stopnia redukcji tych zanieczyszczeń w gruncie, ale umożliwiło uzyskanie czystszych filtratów i pozostałych wód poprocesowych oraz przede wszystkim koncentratu węglowego o stosunkowo małej zawartości popiołu. Koncentrat taki, uwzględniając zawarty w nim olej, może być wykorzystany w mieszankach energetycznych. Analiza wyników badań wskazuje, że oczyszczanie gruntów o charakterze gleb zawierających obok ziarn nieorganicznych pozostałości humusowe po rozpadzie roślin jest w porównaniu z remediacją piasków znacznie łatwiejsze, stąd stopień redukcji ropopochodnych i przede wszystkim bezwzględne ich zawartości w oczyszczonym piasku są znacznie korzystniejsze w porównaniu z oczyszczonymi glebami. Wyższy stopień oczyszczania gruntów uzyskiwany w przypadku aglomeracji olejowej dowodzi, że czynnikiem najbardziej decydującym o desorpcji ropopochodnych z gruntów i jego adsorpcji na ziarnach węgla jest czynnik mechaniczny (intensywność mieszania). Powoduje to, że także stopień oczyszczenia wód biorących udział w procesie jest wyższy.

Tablica 4

Wyniki odolejania piasku metodą aglomeracji olejowej z węglem

Parametry procesu	Udział węgla w nadawie, %	20				
	Liczba obrotów mieszadła, n/min	1000			2000	
	Koncentracja części stałych, kg/m ³	150				
	Czas mieszania, min	2			2	
	Zawartość oleju w gruncie, %	0,1	3	5	3	5
Parametry charakteryzujące wyniki odolejania	Zawartość oleju w oczyszczonym gruncie, mg/kg	179	142	132	148	125
	Zawartość oleju w filtracie, mg/kg	-	-	8	12	9
	Zawartość oleju w wodzie poprocesowej, mg/kg	0,14	0,10	0,10	0,20	0,10
	Zawartość popiołu w koncentracie, A ⁴ , %	11,2	8,13	8,25	8,49	8,42
	Stopień redukcji ropopochodnych w piasku, %	72,0	99,5	99,7	99,5	99,7

Tablica 5

Wyniki odolejania gruntów skażonych substancjami ropopochodnymi metodą flotacji w skali laboratoryjnej

Rodzaj gruntu	Udział węgla w nadawie, %	Zawartość oleju w gruncie, %	Węgiel z kopalni	Zawartość oleju w oczyszczonym gruncie, mg/kg	Zawartość oleju w filtracie, mg/kg	Zawartość oleju w wodzie poprocesowej, mg/kg	Zawartość popiołu w koncentracji węglowym, %	Stopień redukcji ropopochodnych w gruncie, %
Gleba	10	1	Murcki	2341	148	17	31	77,0
		3		1813	196	11	52	94,0
		5		1935	213	7	49	96,0
	10	1	Szczygłowice	2149	163	20	33	79,0
		3		1730	212	17	41	94,0
		5		1582	247	9	48	97,0
	20	1	Murcki	691	139	14	38	93,0
		3		767	209	14	48	97,5
5		826		206	11	46	98,5	
20	1	Szczygłowice	739	176	16	34	93,0	
	3		828	221	18	39	97,0	
	5		763	238	13	41	98,5	
Piasek	10	3	Szczygłowice	431	63	9	18	98,5
	20	3	Szczygłowice	249	41	7	21	99,7

Tablica 6

Wyniki odolejania gruntów skażonych substancjami ropopochodnymi w wielkolaboratoryjnej kolumnie flotacyjnej „FLOKOB”

Udział węgla w nadawie, %	Zawartość oleju w gruncie, %	Węgiel z kopalni	Zawartość oleju w oczyszczonym gruncie, mg/kg	Zawartość oleju w filtracie, mg/kg	Zawartość oleju w wodzie poprocesowej, mg/kg	Zawartość popiołu w koncentracie węglowym, %	Stopień redukcji ropopochodnych w gruncie, %
20	3	Murcki	867	43	7	20	97

Wnioski

- Zastosowanie węgla oraz aglomeracji olejowej lub flotacji do oczyszczania gruntów z zanieczyszczeń ropopochodnych umożliwia uzyskanie wysokiego stopnia redukcji zawartości tych zanieczyszczeń.
- Stopień redukcji wyrażony w liczbach bezwzględnych jest korzystniejszy w przypadku, kiedy proces odolejania prowadzi się metodą aglomeracji olejowej.
- Spośród przebadanych parametrów procesu aglomeracji olejowej (czas mieszania, liczba obrotów mieszadła, koncentracja części stałych w zawieszynie, udział węgla w mieszaninie z oczyszczaną ziemią, stopień skażenia gruntu) najbardziej znaczący wpływ na stopień redukcji zanieczyszczenia ma czynnik mechaniczny - liczba obrotów mieszadła.
- W porównaniu z odolejaniem gleb oczyszczanie piasku realizować można w korzystniejszych z punktu widzenia technologicznego warunkach, a wyniki redukcji skażenia są lepsze.
- Jeżeli warunki procesu odolejania gruntów zabezpieczają wysoki stopień redukcji ropopochodnych, ich zawartość w wodach poprocesowych jest również mała.
- W przypadku odolejania gleb uzyskanie koncentratów węglowych o stosunkowo małej zawartości popiołu jest trudne i wymaga stosowania specjalnych warunków, np. flotowników kolumnowych.
- W przypadku odolejania piasków uzyskuje się koncentraty węglowe o stosunkowo małej zawartości popiołu, co umożliwia ich wykorzystanie jako składników mieszanek energetycznych.

LITERATURA

1. International Symposium and Trade Fair on the Clean-up of Manufactured Gas Plants. Prague 1995, Land Contamination and Reclamation Special Issue, V 3, No 4, 1995.
2. Chrystiani J., Hoberg H., Leonhard H.: Fundamental Investigation into the Development of a Soil Remediation Process for a Former Coking and Smelter Site. Proc. of the XVIII Int. Min. Process, Congress, Sydney 1993.
3. Schneider F. U.: Fundamentals and Practice of Soil Washing, Aufbereitungs Technik 33 (1992) Nr 9.
4. Hoberg H.: Applications of Mineral Processing in Waste Treatment and Scrap Recycling XVIII International Mineral Processing Congress V 1, (27-37), Sydney 1993.

5. Szymocha K., Ignasiak L., Pawlak W., Ignasiak T., Kramer J.: Application of Coal-oil Agglomeration for Soil Clean-up. Proc. of the 1th UBC-Mc GiLL Bi-annual International Sympozjum: Processing of Hydrophobic Minerals and Fine Coal (259-273), Ed. J.S. Laskowski and G.W. Poling, CIM August 1995.
6. Piwowarczyk J., Sablik J. i wsp.: Rozwój technologii oczyszczania gleb i wód z zanieczyszczeń ropopochodnych metodą sorpcji na węglu kamiennym, projekt badawczy Nr 4 S 401 073 04 - raport merytoryczny, IGNiS, Kraków, 1995.
7. Piwowarczyk J.: Sorpcja substancji ropopochodnych na pyłe węgla kamiennego jako metoda oczyszczania gleby. Międzynarodowe Sympozjum Szkoleniowe „Zanieczyszczenia, skażenia wód i gruntów produktami ropopochodnymi. Ocena zagrożenia, metody likwidacji”, Arka Konsorcjum, PZITS, Poznań, czerwiec 1993.
8. Sablik J., Piwowarczyk J.: Odolewanie gleb i wód z wykorzystaniem metody flotacji. Międzynarodowe Sympozjum Szkoleniowe „Usuwanie zanieczyszczeń naftowych z gruntów i wód podziemnych. Metodyka oceny zagrożenia”, Arka Konsorcjum s.c., MOSZNiL, PZITS, Poznań, czerwiec 1993.
9. Piwowarczyk J., Sablik J.: Technologia oczyszczania gleb i wód z zastosowaniem mułów węglowych jako sorbenta (Badania skuteczności procesu w skali półtechnicznej. Założenia do projektu instalacji komercyjnej). Międzynarodowe Sympozjum Szkoleniowe „Usuwanie zanieczyszczeń naftowych z gruntów i wód podziemnych - rezultaty”. Arka Konsorcjum, MOSZNiL, WAT, Poznań, czerwiec 1995.
10. Sablik J.: Wykorzystanie węgla do oczyszczania gruntów skażonych substancjami ropopochodnymi. Zbiór referatów na XIV naukowo-przemysłowe seminarium nt. „Flotacja węgla”, Z-8, GIG, SITG, Katowice - Jastrzębie Zdrój, październik 1994.
11. Brzezina R., Sablik J.: The „FLOKOB” Column Flotation Machine. Materiały na XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla, Kraków 1994.
12. Sablik J., Brzezina R., Cieślak W., Targański A., Klimek Z.: Ocena efektywności technologicznej maszyny kolumnowej FLOKOB-40 wzbogacającej muły w KWK „Szczygłowie”. Zbiór referatów na II seminarium Procesów Przerobczych: Wzbogacanie, Odwadnianie i Odsiarczanie. Gliwicka Spółka Węglowa S.A. Rudy 1994.
13. Brzezina R.: Praca doktorska, GIG, Katowice 1995.

14. Sablik J., Romańczyk E., Wierzchowski K.: Floton - odczynnik pianotwórczy do flotacji węgla. Zbiór referatów na seminarium „Flotacja węgla” zeszyt nr 6, GIG, SITG, Katowice - Rydułtowy 1992.
15. Hecker E.: Metody podziału w laboratorium chemicznym. PWN, Warszawa 1958.

Recenzent: Dr Stanisława Sanok-Rydlewska

Wpłynęło do Redakcji 23.09.1996 r.

Abstract

For remediation of soils polluted by petroleum derivatives coal and methods used in preparation processes - oil agglomeration and flotation - were applied. The laboratory scale investigation results have shown that both the methods made possible to obtain a high grade of soil remediation, but more advantageous results were found when using agglomeration, because the mechanical factor, the intensity of agitation, influenced the oil desorption from soil particles and its adsorption on coal particles most significantly. It was found as well, that using these methods easier and with better results sand polluted by petroleum derivatives can be cleaned in comparison with soils containing remainders of plant debris.