

Jan Jewulski*, Danuta Zagrajczuk*

**DOBÓR PARAMETRÓW USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ Z GRUNTU
METODĄ CHEMICZNĄ
W OPARCIU O BADANIA LABORATORYJNE****

1. WSTĘP

Wzrost zapotrzebowania na paliwa powoduje konieczność wydobycia i przetwarzania coraz to większych ilości ropy naftowej. Rosną też potrzeby rozwoju takich dziedzin towarzyszących eksploatacji i przeróbce ropy, jak: transport, magazynowanie surowców i produktów oraz ich dystrybucja.

Do gruntu oraz wód gruntowych mogą przedostawać się praktycznie wszystkie produkty naftowe wytwarzane z ropy, jak:

- surowa ropa naftowa,
- paliwa,
- oleje smarowe,
- smary plastyczne,
- różne wyroby naftowe przeznaczone do użytku przemysłowego i domowego.

Mogą one pochodzić z dużych wycieków, ale w większości są skutkiem małych wycieków. Wycieki produktów naftowych do gruntu są przedmiotem prac badawczych zarówno w kraju, jak i na świecie. Układy powstałe w gruncie w wyniku przedostania się do niego węglowodorów są bardzo skomplikowane, zawierają rozmaite fazy i składniki, które opisywane są przez wiele zmiennych parametrów fizycznych, chemicznych, środowiskowych i biologicznych.

Węglowodory naftowe, które dostają się do gruntu, rozdzielają się w nim na fazy:

- stałą,
- ciekłą,
- gazową.

Faza stała (związki o większej masie cząsteczkowej) pozostaje w pobliżu miejsca wycieku. Faza ciekła występuje w postaci niemobilnych płynów rezydualnych zaadsorbowa-

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Praca realizowana w ramach grantu KBN nr 5T 12A00225

nych na ziarnach gruntu, mobilnych płynów zawierających wolne produkty naftowe, a także roztworów wodnych. Pod wpływem sił kapilarnych i grawitacji rozlane produkty migrują, ulegają selektywnej adsorpcji na ziarnach gruntu. Szybkość migracji oraz zmienny skład i właściwości migrującego produktu zależą od parametrów gruntu i właściwości samego produktu. Faza gazowa węglowodorów migruje przez strefę aeracji gruntu (powyżej poziomu wód gruntowych) do obszarów pod mniejszym ciśnieniem, wykorzystując puste przestrzenie wzdłuż magistrali przesyłowych, kolektorów ściekowych studzienek i innych obiektów. Jako cięższa od powietrza pozostaje w wymienionych elementach infrastruktury stwarzając zagrożenie wybuchem. Aby migracja produktów naftowych w gruncie nie spowodowała zanieczyszczenia głębszych wód powierzchniowych i podziemnych stosuje się różne metody i technologie.

Większe wycieki produktów naftowych do gruntu wymagają natychmiastowego przeprowadzenia akcji ratunkowych poprzez stawianie barier ograniczających rozprzestrzenianie się wycieku oraz zebranie uwolnionego materiału. W dalszej kolejności prowadzone są prace remediacyjne.

Stosuje się w tym celu cały zespół metod i technologii, z których najistotniejsze to:

- napowietrzanie,
- przemywanie gruntu (gleby),
- metody biologiczne.

Różne technologie oczyszczania gruntów są w większości realizowane w skali pilotowej lub doświadczalnej.

Przy wyborze metody oczyszczania uwzględnia się między innymi [3]:

- koszt,
- czas oczyszczania,
- rodzaj zanieczyszczeń.

Przemywanie gruntu wodą lub innymi substancjami należy do metod chemicznych. Metoda ta była stosowana również przez autorów. Wyniki badań laboratoryjnych przedstawione są między innymi w publikacjach [2, 3].

Autorzy w tej publikacji przedstawili wyniki badań laboratoryjnych oczyszczania gruntu skażonego substancjami węglowodorowymi metodą przemywania go wodą lub wodą z dodatkiem związków powierzchniowo czynnych (ZPCz) z wykorzystaniem analizatora OMS-2. Stosowanie tych substancji obniża bowiem napięcie powierzchniowe pomiędzy wodą i substancją węglowodorową, zmniejsza opory przepływu, a tym samym powoduje zwiększenie stopnia wypłukania substancji ropopochodnej z gruntu. Następuje również zmniejszenie objętości porów niedostępnych dla cieczy przemywającej, a przez to – zmniejszenie ilości produktów ropopochodnych uwięzionych w porach na skutek działania sił kapilarnych. Podstawowym kryterium podziału ZPCz jest ich zdolność (względnie brak zdolności) do dysocjacji elektrolitycznej w roztworach wodnych.

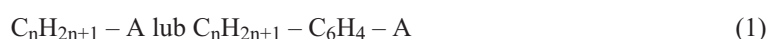
W związku z tym ZPCz dzielą się na:

- jonocenne (ulegające dysocjacji),
- niejonocenne (nie ulegające dysocjacji).

Jonocenne – anionocenne i kationocenne związki powierzchniowo czynne mają mniejsze zastosowanie w przemyśle naftowym, gdyż łatwo ulegają jonizacji w roztworach wodnych z utworzeniem powierzchniowo aktywnych anionów i kationów. Wadą większości

anionowych ZPCz jest ich wzajemne oddziaływanie z solami Ca^+ i Mg^+ , w wyniku czego ulegają całkowicie lub częściowo wysoleniu, tworząc nierozpuszczalne osady w postaci soli wapnia lub magnezu.

Za najbardziej uniwersalne uważane są niejonocenne ZPCz z uwagi na ich kompatybilność z innymi składnikami Przewagą niejonocennych ZPCz jest ich stosunkowo duża aktywność powierzchniowa oraz mała adsorpcja na piaskowcach i skałach węglanowych w porównaniu z aniono- i kationocennymi ZPCz, dlatego są one bardziej ekonomiczne w zastosowaniu. Do ZPCz należą addyty kwasów tłuszczowych, alkoholi, amin z tlenkiem etylenu. Długość łańcucha determinuje równowagę hydrofilowo-hydrofobową. Najtrwalsze są te ZPCz, których produktem wyjściowym jest dwułańcuchowy alkohol. Najbardziej powierzchniowo czynnymi substancjami są związki chemiczne typu



2. OPIS EKSPERYMENTÓW

W badaniach laboratoryjnych usuwania substancji ropopochodnych z ośrodka porowatego metodą przemycania go wodnymi roztworami związków powierzchniowo-czynnych wybrano produkty naftowe o zróżnicowanym składzie grupowym, lepkości, gęstości i napięciu powierzchniowym, tj. olejem napędowym, ropą naftową z kopalni „Grobla” oraz olejem Specjal Selektol 20W/40. Własności fizykochemiczne wybranych produktów naftowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1
Własności fizykochemiczne wybranych produktów naftowych

Lp.	Nazwa substancji ropopochodnej	Temperatura zaplonu, 0°C	Gęstość, ρ , kg/m ³	Współczynnik lepkości dynamicznej $\mu \times 10^{-3}$, Pa·s	Napięcie powierzchniowe na granicy faz produkt-wodny roztwór $\delta \times 10^{-3}$, N/m										
					Woda	Rokanol DB 7		Rokamid MZR 17		Rokafenol N 22		Sulfobur-sztynian N		Ludwik	
						0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %
1	Ropa z kopalni „Grobla”	35	826	2,90	40,57	35,82	14,07	36,12	16,85	35,95	14,90	37,80	24,53	34,40	22,25
2	Olej napędowy	40	842	3,58	53,05	48,85	17,24	48,95	20,06	48,89	18,28	52,15	39,38	39,72	20,86
3	Olej Specjal Selektol 20W/40	245	876	240	61,3	56,70	25,43	56,90	30,91	56,82	28,57	57,12	36,38	47,57	31,40

Jako cieczy przemylajacych uzyto roztworow wodnych tanich i latwo dostepnych związkow powierzchniowo-czynnych produkowanych w kraju przez Zaklady „Rokita” w Brzegu Dolnym [4].

Z grupy niejonowych ZPCz zastosowano:

- Rokanol DB-7 na bazie alkoholi tuszczowych,
- Rokafenol N-22 na bazie fenoli i alkilofenoli,
- Rokamid MRZ 17 na bazie amidow kwasow tuszczowych,

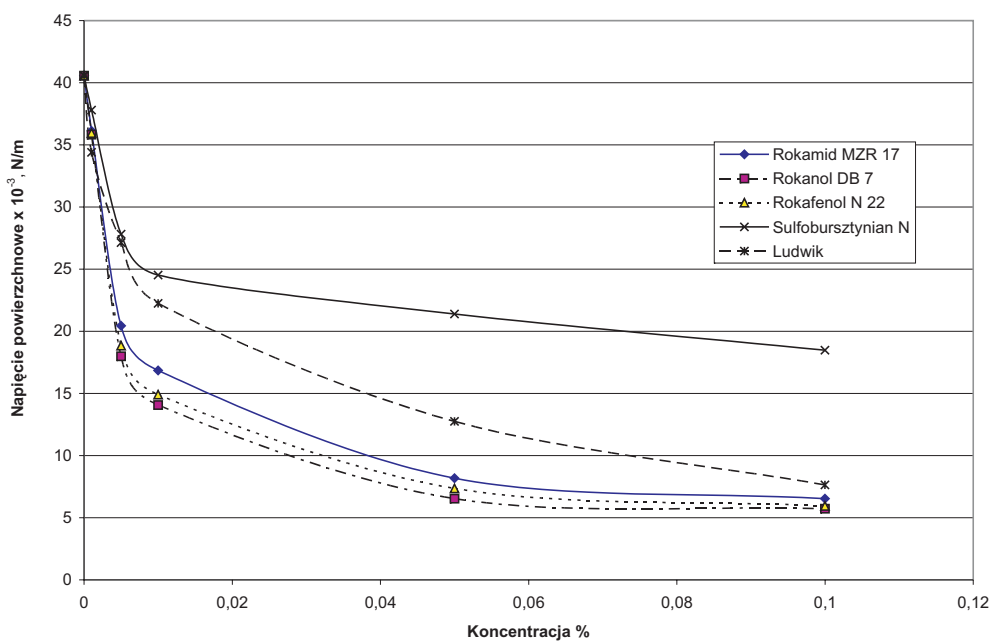
natomiast amionoczynny ZPCz to sulfobursztynian N związek typu siarczanowego i sulfonowego. Związki te stosowane sa w roznych galęziach przemyslu: jako polprodukty do otrzymywania srodkow myjacych, pioracych i czyszczacych oraz jako dyspergatory. Charakteryzuja sie one dobra lub bardzo dobra rozpuszczalnoscia w wodzie oraz brakiem toksycznego oddziaływania. Ich niewatpliwą zaletą jest bardzo wysoka biorozkladalnosc ktora wynosi odpowiednio:

- dla Rokanolu DB-7 87,5%,
- dla Rokafenolu N-22 82,7%,
- dla Sulfobursztynianu N 90%.

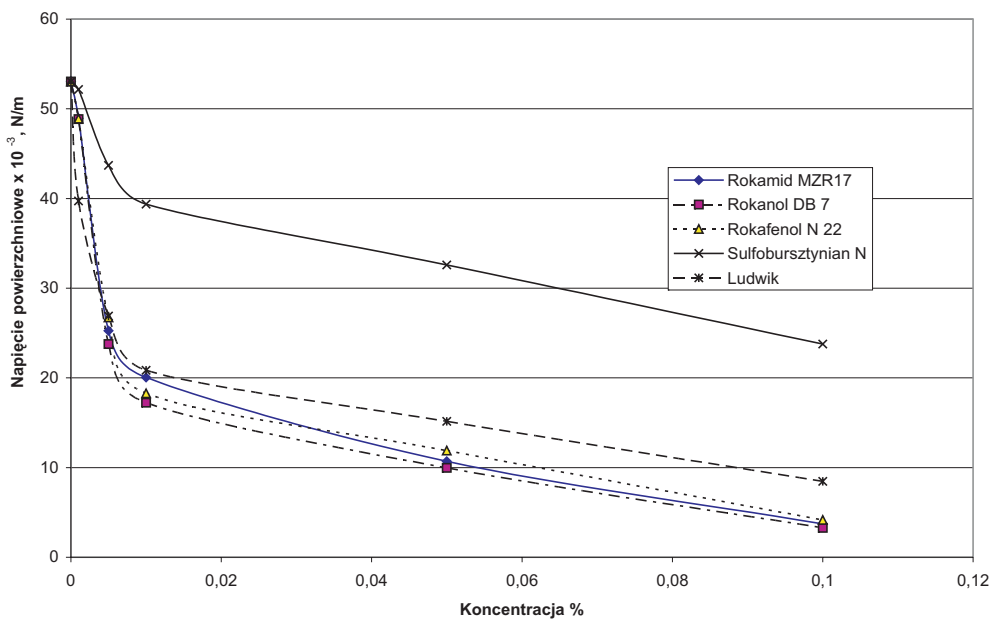
Oprócz wymienionych związkow do badan zastosowano powszechnie uzywany detergent – Ludwik, ktory charakteryzuje sie bardzo dobra rozpuszczalnoscia w wodzie i wysoka biorozkladalnoscia. Wszystkie ZPCz (jak wspomniano uprzednio) zastosowane do badan charakteryzowaly sie dobrymi wlasnosciami wymywajacymi, sa skladnikiem srodkow myjacych, dzialaja dyspergujaco i sa dobrymi emulgatorami olejow i tuszczow [4].

Pierwszym etapem wykonanych badan bylo okieslenie zmian napiecia powierzchniowego na granicy roztworow ZPCz – substancje ropopochodne. Wartość napiecia powierzchniowego okieslono metoda pomiaru objęosci kropli – metoda stalagmometryczna. Wykresy zmian napiecia powierzchniowego na granicy wodnych roztworow związkow powierzchniowo czynnych z ropa naftowa z kopalni „Grobla”, olejem napędowym oraz olejem Specjal Selektol 20W/40 przedstawiono odpowiednio na rysunkach 1, 2 i 3. Do dalszych badan przemylwania gruntu zanieczyszczonego substancjami węglowodorowymi za pomoca ZPCz przyjeta koncentracje 0,01 i 0,001%. Koncentracja 0,01% powodowala znaczny spadek napiecia powierzchniowego na granicy produkt ropopochodny – wodny roztwor ZPCz (rys. 1, 2 i 3). Stanowila ona jednak wskaźnik przekraczajacy dopuszczalna norme dla wod i sciekow wprowadzanych do gruntu. Koncentracja 0,001% jest okieslana jako dopuszczalna przez norme [3]. Jednak oddziaływanie ZPCz o tej koncentracji szczegolnie na grunt zanieczyszczony ciezkiemi produktami, tj. olejem Selektol Specjal 20W/40 nie bylo wystarczajaco efektywne.

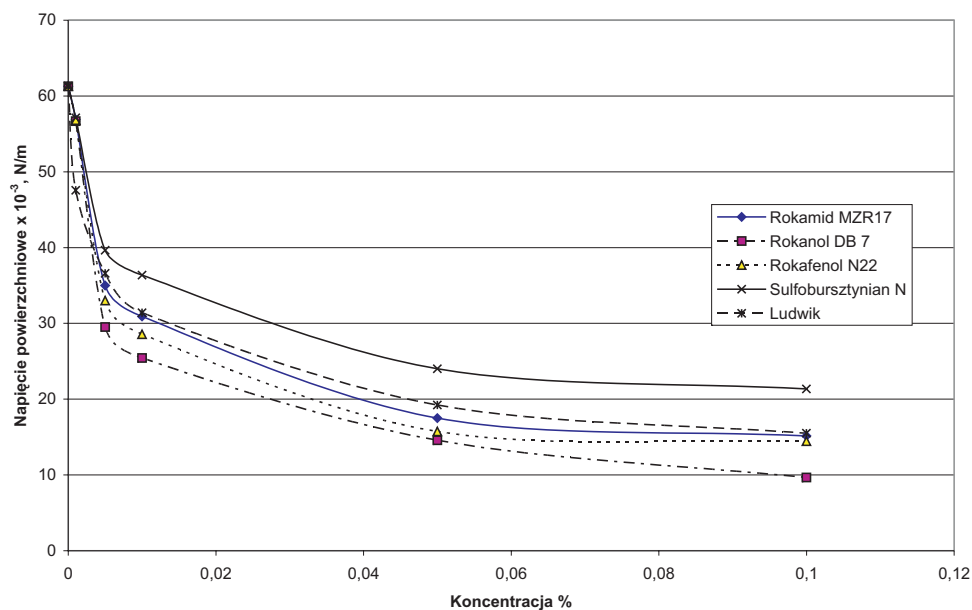
Schemat zestawu aparatury laboratoryjnej do badania oczyszczania gruntu z produktow ropopochodnych przedstawiono na rysunku 4 [2]. Grunt modelowano piaskiem o granulacji od 0,4 do 1,2 mm. Piaskiem tym wypełniano „sztuczne zloze” (rure) o dlugosci 0,5 m i srednicy 0,026 m. Po przygotowaniu „sztucznego zloza” mierzono jego przepuszczalnosc absolutna przy przeplywie powietrza i okieslano wspolczynnik porowatosci efektywnej. Pozwolilo to uzyskac osrodek porowaty o srednim wspolczynniku przepuszczalnosci $25 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ i porowatosci 20%. Do piasku kazdorazowo wprowadzano substancja ropopochodna tj. ropa naftowa z kopalni „Grobla”, olej napędowy i olej Specjal Selektol 20W/40 w ilosci 10% wagowo.



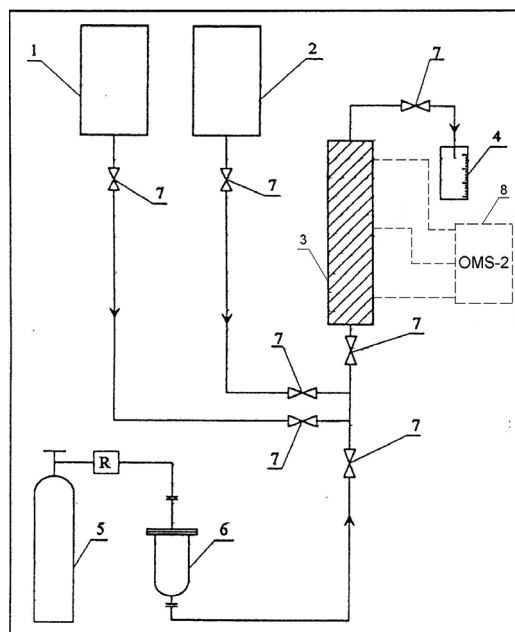
Rys. 1. Zmiana napięcia powierzchniowego roztworów ZPCz na granicy z ropą z kopalni „Grobla”



Rys. 2. Zmiana napięcia powierzchniowego roztworów ZPCz na granicy z olejem napędowym



Rys. 3. Zmiana napięcia powierzchniowego roztworów ZPCz na granicy z olejem Special Selektol 20W/40



Rys. 4. Schemat zestawu aparatury laboratoryjnej do badania oczyszczania ośrodka porowatego z produktów ropopochodnych [2]: 1 – zbiornik wodny, 2 – zbiornik ropy naftowej, 3 – ośrodek porowaty „sztuczne złożę”, 4 – zbiornik pomiarowy dla wypartej cieczy, 5 – butla ze sprężonym powietrzem, 6 – zbiornik pomiarowy, 7 – zawory manipulacyjne, 8 – analizator OMS-2

Pomiar przeprowadzano następująco:

1. po napełnieniu modelu piaskiem zanieczyszczonym cieczą węglowodorową, przemywano go wodą o temperaturze 20°C pod ciśnieniem 10⁵ Pa w ilości średnio 15-krotnej objętości porów; następnie pobierano próbkę z góry modelu i oznaczano w niej zawartość substancji węglowodorowej analizatorem OMS 2;
2. ośrodek porowaty przemywano ponownie wodą o objętości równej 30-krotnej objętości porów i pobierano próbkę piasku z dołu modelu, oznaczając zawartość substancji węglowodorowej;
3. ten sam ośrodek porowaty przemywano wodą po raz trzeci w ilości równej 60-krotnej objętości porów, pobierano próbkę piasku ze środka modelu i oznaczano zawartość substancji węglowodorowej w próbce.

W ten sam sposób postępowano przy przemywaniu ośrodka porowatego wodnymi roztworami Rokanolu DB 7, Rokamidu MZR 17, Rokafenolu N 22, Sulfobursztynianu N i Ludwika o koncentracji 0,01 i 0,001%.

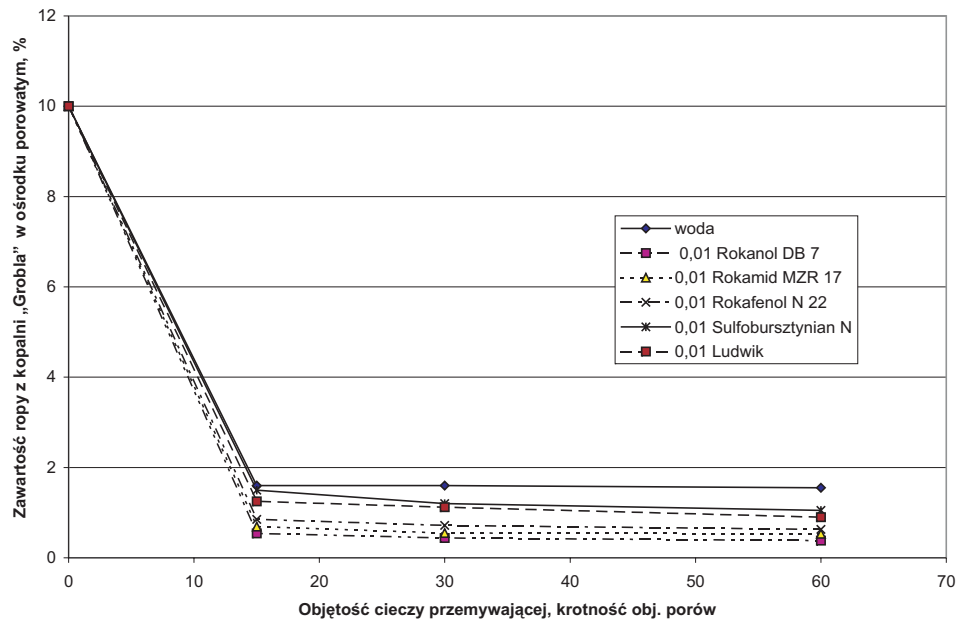
W tabeli 2 przedstawiono wyniki usuwania substancji węglowodorowej z ośrodka porowatego przy przemywaniu go zastosowanymi wodnymi roztworami związków powierzchniowo-czynnych o koncentracji 0,01 i 0,001% w ilości 15-, 30- i 60-krotnej objętości porów.

Tabela 2

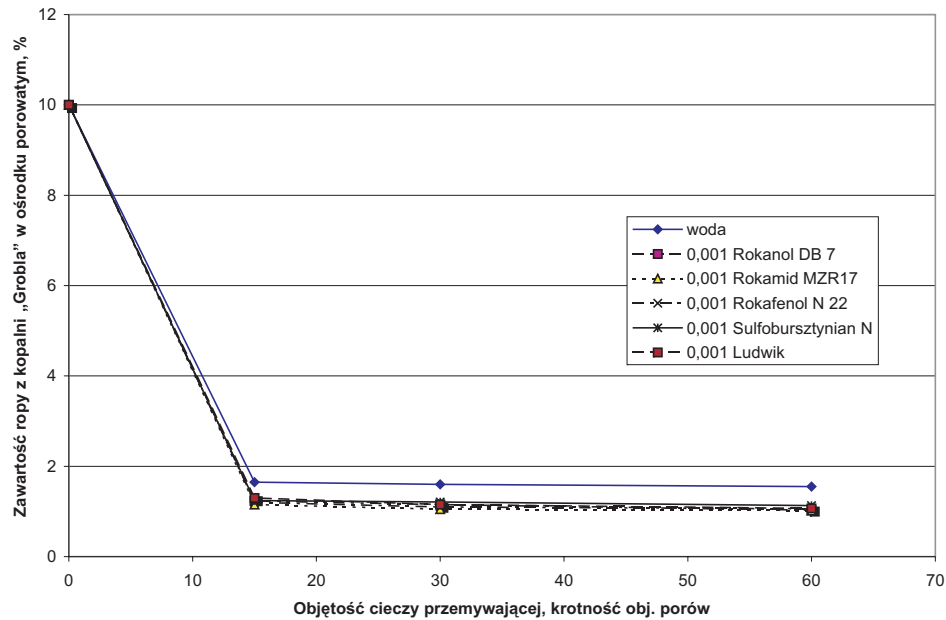
Zawartość substancji węglowodorowej w gruncie po przemyciu wodnymi roztworami substancji chemicznych

Rodzaj i początkowa zawartość substancji węglowodorowej	Ilość cieczy przemywającej, krotność objętości porów	Zawartość substancji węglowodorowej w gruncie po przemyciu, %											
		Rodzaj cieczy przemywającej											
		Woda	Rokanol DB 7		Rokamid MZR 17		Rokafenol N 22		Sulfobursztynian N		Ludwik		
			0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	0,001 %	0,01 %	
Ropa „Grobla” 10, %	15	1,65	1,23	0,54	1,15	0,69	1,20	0,85	1,24	1,50	1,30	1,25	
	30	1,60	1,15	0,44	1,05	0,55	1,10	0,72	1,21	1,20	1,15	1,12	
	60	1,55	1,03	0,38	1,02	0,53	1,06	0,63	1,13	1,05	1,07	0,90	
Olej napędowy 10, %	15	3,10	1,26	0,67	1,35	0,98	1,52	1,12	1,98	1,27	1,45	1,24	
	30	2,85	1,15	0,62	1,26	0,92	1,42	1,06	1,70	1,15	1,3	1,10	
	60	2,65	1,07	0,59	1,20	0,86	1,29	0,92	1,64	1,09	1,22	1,02	
Olej Specjal Selektol 20W/4010, %	15	5,50	3,10	2,68	3,42	2,95	3,95	3,12	4,10	3,29	3,61	3,32	
	30	5,01	3,02	2,47	3,30	2,87	3,82	3,04	3,95	3,18	3,35	2,95	
	60	4,80	2,85	2,35	3,12	2,76	3,64	2,87	3,7	2,95	3,20	2,80	

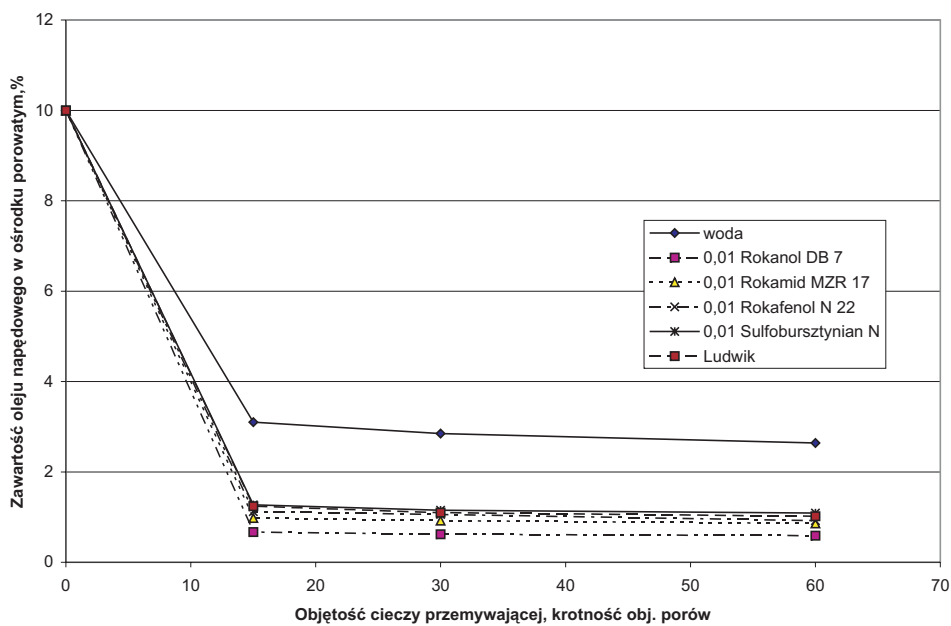
Wykresy zależności zawartości substancji węglowodorowej w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej i koncentracji 0,01 i 0,001% przedstawiono na rysunkach 5–10.



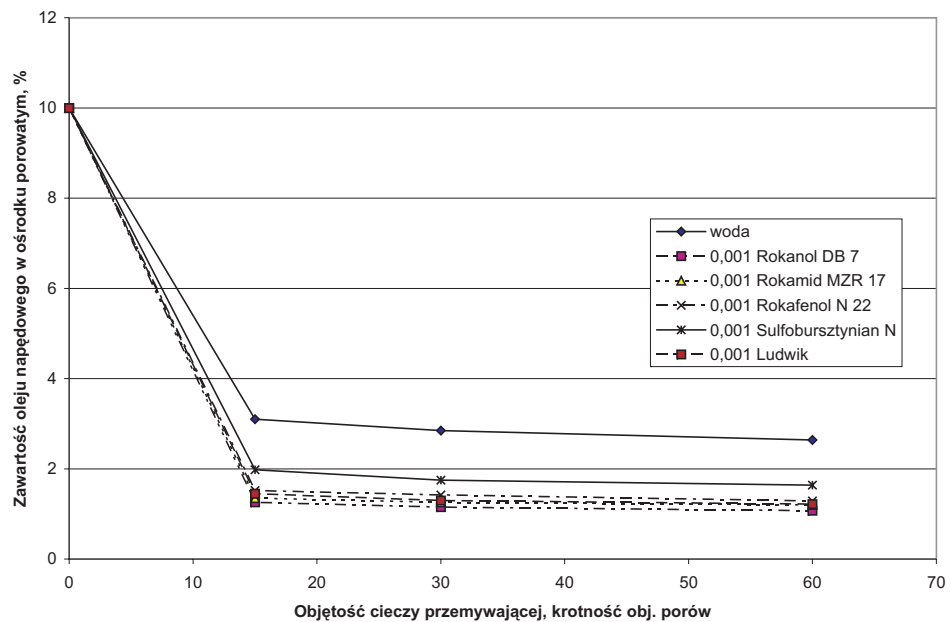
Rys. 5. Zmiana zawartości ropy z kopalni „Grobla” w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej



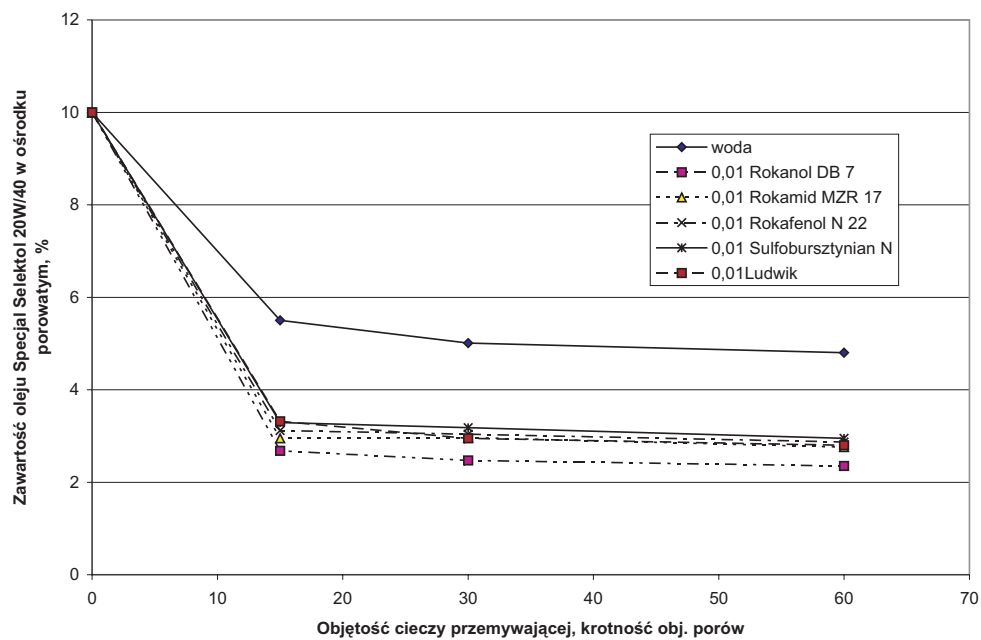
Rys. 6. Zmiana zawartości ropy z kopalni „Grobla” w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej



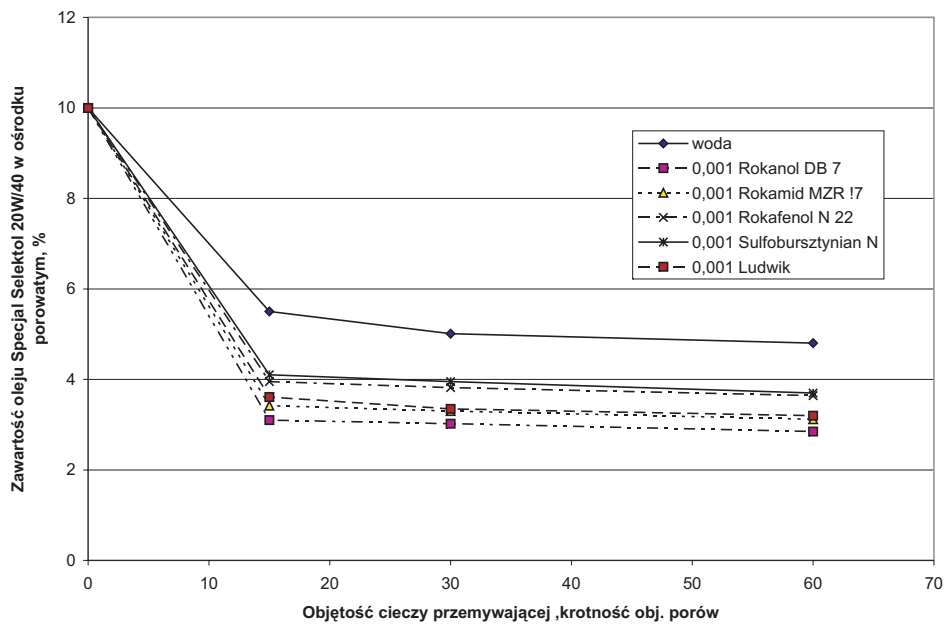
Rys. 7. Zmiana zawartości oleju napędowego w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej



Rys. 8. Zmiana zawartości oleju napędowego w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej



Rys. 9. Zmiana zawartości oleju Special Selektol 20W/40 w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej



Rys. 10. Zmiana zawartości oleju Special Selektol 20W/40 w modelu ośrodka porowatego od objętości cieczy przemywającej

Analizator OMS 2, którym oznaczano zawartość substancji węglowodorowej w próbkach, służy do badania zawartości substancji ropopochodnych w wodzie, ściekach, glebach i mułach [1]. Pomiaru dokonuje się przez ekstrakcję rozpuszczalnikiem (np. czterochlorkiem węgla) z separacją substancji polarnych w kolumnie chromatograficznej, a następnie przez automatyczny pomiar metodą absorpcji w bliskiej podczerwieni.

W skład części analitycznej aparatu wchodzi:

- ekstraktor,
- kolumna chromatograficzna,
- analizator podczerwieni.

W ekstraktorze następuje separacja zawartych w próbce węglodorów w procesie intensywnego mieszania próbki z rozpuszczalnikiem. W kolumnie chromatograficznej następuje oddzielenie z badanej próbki substancji polarnych, które nie należą do grupy węglodorów, a są absorbentem podczerwieni.

Analizator podczerwieni składa się z:

- promiennika podczerwieni,
- celi pomiarowej,
- detektora półprzewodnikowego.

Pomiędzy celą pomiarową a promiennikiem podczerwieni zamontowana jest tarcza z filtrami interferencyjnymi. Analizator podczerwieni wyposażony jest w dwa króćce spustowe: jeden dla wody, drugi dla rozpuszczalnika.

Analizatorem OMS 2 można dokonywać pomiarów zawartości ropopochodnych w próbkach ciekłych w sposób bezpośredni, jednak stężenie nie może przekraczać wówczas 200 mg/l. Większe stężenia próbek wymagają ich rozcieńczenia. Czas analizy aparatem w zależności od wybranego czasu ekstrakcji wynosi 15÷30 minut. Dopuszczalny zakres zmian temperatury próbki i wody wynosi 5÷25°C, zaś temperatury otoczenia 5÷30°C. Maksymalna wielkość mierzonych cząstek wynosi 250 µm. Granica błędów odtwarzalności krótkoterminowej wynosi ± 2% wartości górnego zakresu pomiaru. Granica błędów odtwarzalności długoterminowej (przy kalibracji górnego punktu raz na tydzień) wynosi ±3% górnego zakresu pomiarowego.

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na rysunkach 5–10 przedstawiono wyniki badań podające zależność substancji ropopochodnej w układzie modelowym od objętości cieczy przemywającej ośrodek porowaty. Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono wyniki badań uzyskane dla ośrodka porowatego nasyconego ropą z kopalni „Grobla”. Ropa z kopalni „Grobla” jest ropą o bardzo dużej zawartości frakcji benzynowej ponad 75%. Jest więc substancją z przewagą lekkich węglodorów. Z przedstawionych na wykresach danych wynika, że efektywność wymywania ropy za pomocą samej wody jest wysoka i wynosi 84,5%, natomiast zastosowanie roztworów ZPCz o koncentracji 0,001% nie powoduje wyraźnych różnic w stopniu usunięcia substancji węglowodorowej z ośrodka porowatego. Spośród przebadanych związków najlepszą efektywność wymywania ropy z kopalni „Grobla” uzyskano przy zastosowaniu 0,01% Rokopolu DB 7 i wynosi ona 96,2%.

Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono wyniki badań uzyskane dla oleju napędowego. Najmniejszą efektywność wymywania oleju napędowego uzyskano dla wody i wynosi ona 73,5%. Najlepszym z przebadanych związków dla oleju napędowego okazał się Rokanol DB 7. Dla koncentracji 0,001% tego związku efekt wymywania wynosił 89,3%, natomiast dla koncentracji 0,01% efekt wymywania oleju napędowego wynosił 94,1%.

Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono wyniki badań uzyskane dla oleju Specjal Selektol 20W/40. Z uzyskanych danych wynika, że większą efektywność wymywania uzyskano dla związków powierzchniowo czynnych o koncentracji 0,01% niż 0,001%. Najmniejszą efektywność wymywania uzyskano dla samej wody (52%). Najlepszym z przebadanych związków okazał się Rokanol DB 7, a zastosowanie roztworów o koncentracji 0,001% spowodowało wzrost efektu wymywania o około 20% w stosunku do wody, natomiast roztwór o koncentracji 0,01% powoduje wzrost efektywności wymywania o 24,5% w stosunku do wody.

4. PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- Substancja ropopochodna w zależności od rodzaju zawartych w niej węglowodorów w różnym stopniu usuwana jest z gruntu przy przemywaniu go czystą wodą. Najwyższą efektywność wmycia wodą uzyskuje się w gruntach zanieczyszczonych lekkimi węglowodorami – np. ropą z kopalni „Grobla” i olejem napędowym, efekt wmycia wynosi odpowiednio około 84,5 i 73,5%, gdy substancję ropopochodną stanowią ciężkie węglowodory powyżej C 28, np. olej Selektol Specjal 20W/40, efektywność wymywania samą wodą wynosi 52% (rys. 5–10). Zastosowanie dodatków związków chemicznych do wody o koncentracji 0,001 i 0,01% przy wymywaniu substancji ropopochodnych z gruntu zwiększa efektywność ich wymywania. W przypadku zanieczyszczenia gruntu ropą z kopalni „Grobla” stopień jego oczyszczenia sięga maksymalnie 96,2%. Natomiast w przypadku zanieczyszczenia gruntu olejem napędowym efektywność oczyszczania wynosi około 94%. Dla oleju Selektol Specjal 20W/40 efektywność wynosi około 76,5% (rys. 5–10). Większy stopień wymywania dla każdej substancji węglowodorowej zaobserwowano przy zastosowaniu związków powierzchniowo czynnych o koncentracji 0,01%.
- Z przebadanych związków powierzchniowo czynnych najbardziej efektywny w usuwaniu substancji węglowodorowej z ośrodka porowatego okazał się Rokanol DB 7 o koncentracji 0,01% (tab. 2 oraz przykładowe wyniki na rys. 5 i 6). Wymieniony związek wykazywał również największe obniżenie napięcia powierzchniowego na granicy z substancjami węglowodorowymi (rys. 1–3). Podobnie największą efektywność uzyskano przy przemywaniu ośrodka porowatego w ilości 15-krotnej objętości porów (przykładowo dla ropy z kopalni „Grobla” 83,5%), natomiast przy dalszym przemywaniu ośrodka porowatego 60-krotną obj. porów wzrost efektywności wymywania nie był znaczny i wynosił 84,5%. Najmniejszy efekt usunięcia substancji węglowodorowej z gruntu uzyskano dla oleju Selektol Specjal 20W/40, jest to spowodowane tym, że olej na skutek dużej lepkości i małej rozpuszczalności w wodzie nie przedostaje się

do wody w postaci drobnej emulsji czy zawiesiny, bądź w postaci rozpuszczonej, lecz ma tendencje do oblepiania ziaren i tworzenia większych aglomeratów, stąd w mniejszym stopniu jest usuwany z gruntu. Zastosowanie 10-krotnie większej koncentracji roztworu ZPCz od dopuszczalnej do wymywania substancji węglowodorowej, a szczególnie oleju Specjal Selektol 20W/40, powoduje obniżenie zawartości tego produktu w ośrodku porowatym. Zawartość oleju obniżyła się z wartości 71,5% dla roztworu Rokanolu DB 7 o koncentracji 0,001% do 76,5% dla tego samego związku o koncentracji 0,01%. O zastosowaniu większej koncentracji ZPCz zadecydował z jednej strony fakt, że oleje silnikowe czy inne oleje smarowe charakteryzują się stosunkowo dużą zawartością ciężkich węglowodorów w tym również wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA substancji szkodliwych dla środowiska naturalnego. Z drugiej strony producenci ZPCz przystosowują swoje wyroby do wymogów stawianych produktom przyjaznym dla środowiska charakteryzujących się brakiem toksyczności i wysoką ponad 90% biodegradowalnością. Bardzo często konwencjonalne wyroby chemiczne zastępowane są produktami pochodzenia naturalnego.

LITERATURA

- [1] Instrukcja obsługi analizatora OMS 2 do badania zawartości związków ropopochodnych w wodzie, ściekach, glebach i mułach. Gliwice, 1998
- [2] Jewulski J., Stopa J.: *Badania laboratoryjne możliwości oczyszczania gruntów skażonych produktami naftowymi metodą przemywania wodą z dodatkiem środków powierzchniowo czynnych*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 10, 2000
- [3] Jewulski J., Zagrajczuk D., Bilińska R.: *Usuwanie substancji ropopochodnych z gruntu środkami chemicznymi z uwzględnieniem wskaźników zanieczyszczeń i występujących zagrożeń*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz, t. 19/2, 2002
- [4] Katalog Produktów Zakładów Chemicznych „Rokita” S.A. w Brzegu Dolnym