

## BADANIA NAD ODWADNIANIEM ZUŻYTYCH PŁUCZEK GEOLOGICZNYCH W PROCESIE FILTRACJI CIŚNIENIOWEJ

Na terenie kraju prowadzone są liczne prace wiertnicze, w wyniku których pewna powierzchnia gruntów przekształca się w nieużytki, wskutek pozostawiania dołów z odpadami płuczkowymi. Ze względu na właściwości fizykochemiczne, odpady płuczkowe zalegają tam przez szereg lat, nie ulegając wysuszeniu, a stwarzając poważne zagrożenie dla środowiska. Substancje toksyczne zawarte w zużytych płuczkach geologicznych prowadzą do degradacji przyległych do dołów terenów. Celowe jest zatem podjęcie odpowiednich kroków w kierunku ich likwidacji.

W artykule przedstawiono wyniki badań mechanicznego odwadniania odpadów płuczkowych, pochodzących z dołów z okolic Śląska, Kalisza i Helu.

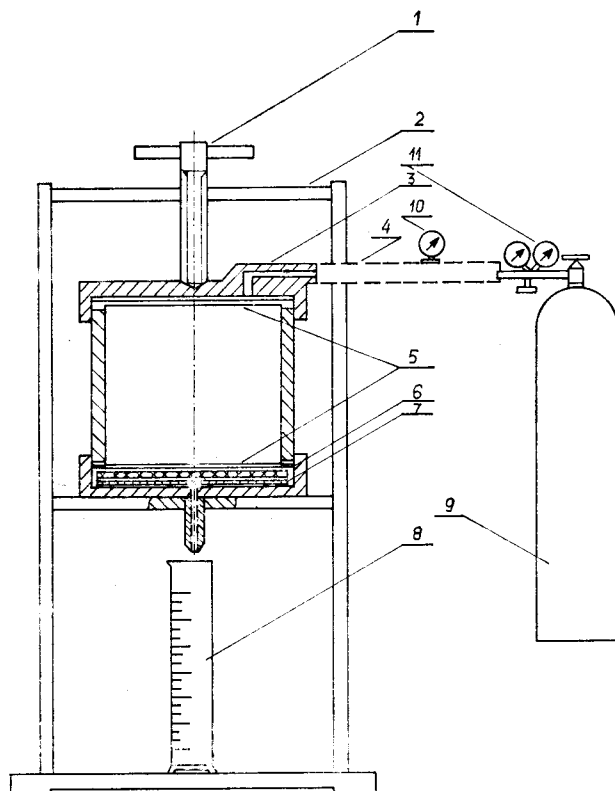
### Przebieg i metodyka badań

Badania realizowano przy założeniu, że unieszkodliwienie odpadów może odbywać się tylko przy użyciu instalacji przewozowej, montowanej na platformie samochodu. Zakres badań obejmował prace analityczne prowadzone w celu uzyskania charakterystyki fizyko-chemicznej odpadów płuczkowych oraz badania technologiczne w skali laboratoryjnej, dotyczące odwadniania odpadów płuczkowych w procesie filtracji ciśnieniowej. Badania analityczne wykonano zgodnie z obowiązującymi normami polskimi.

Tabela 1  
WYNIKI ANALIZY FIZYKO-CHEMICZNEJ OSADÓW PŁUCZKOWYCH

Rodzaj oznaczenia	Jednostka	Rodzaj osadu		
		Kalisz	Śląsk	Hel
Odczyn	pH	6,2	7,6	7,0
Zawartość suchej masy	g/l	94,3	25,8	352,6
Stężenie suchej masy	%	8,9	2,5	30,14
Zawartość substancji minier.	%	84,97	65,5	72,55
Gęstość wł. suchej masy	g/cm <sup>3</sup>	2,93	1,067	1,932
Tłuszcze i oleje	g/l	5,02	2,49	26,23
	%	0,05	0,025	0,22
Fenole	mg/l	3,0	1,0	14
Żelazo	mg/l	1522,7	1025	1218
Chrom ogólny	mg/l	2,79	3,5	21
Cynk	mg/l	238,7	35	140
Miedź	mg/l	7,5	1,5	10,5
Nikiel	mg/l	1,9	3,25	21
Ołów	mg/l	255,3	10	93
Opór wł. filtracji	s <sup>2</sup> /g · 10 <sup>11</sup>	0,51	58,37	2,36

Proces filtracji ciśnieniowej prowadzono przy użyciu laboratoryjnej prasy filtracyjnej (rys. 1) o powierzchni filtracji 46,5 cm<sup>2</sup>. Jako przegrodę filtracyjną stosowano tkaninę stylonową typu PT-115, produkcji Pabianickich Zakładów Tkanin Technicznych. Badania prowadzono przy ciśnieniu 4, 7, 10, 13 × 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>. Procesowi filtracji poddano osady surowe oraz wstępnie kondycjonowane. Doboru rodzaju i optymalnych dawek koagulantów dokonano w oparciu o pomiar czasu ssania kapilarnego. Czynniki



Rys. 1 Schemat laboratoryjnej prasy filtracyjnej. 1 — śruba dociskowa, 2 — korpus, 3 — pokrywa, 4 — doprowadzenie sprężonego powietrza, 5 — uszczelka, 6 — tkanina filtracyjna, 7 — siatka metalowa, 8 — cylinder miarowy, 9 — butla ze sprężonym powietrzem, 10 — manometr, 11 — reduktor ciśnienia.

niki wspomagające proces odwadniania, dozowano do próbki osadu i mieszano przez okres 1 minuty, następnie próbkę odstawiano na 2 minuty w celu ustabilizowania warunków i ponownie mieszając pobierano 0,2 dm<sup>3</sup> osadu i napełniano komorę filtracyjną. W czasie przebiegu procesu w równych odstępach czasu odczy-

tywano objętość filtratu. Po zakończeniu procesu oznaczono suchą masę placka filtracyjnego. Z otrzymanych wyników obliczano wydajność filtracji w oparciu o równania:

$$L = \frac{S_p}{F_t} \quad (1)$$

$$S_p = \frac{V_p K_e \rho_p}{100} \quad (2)$$

$$V_p = V_o - V_f \quad (3)$$

$$L' = \frac{S_{m_o}}{F_t} \quad (4)$$

$$S_{m_o} = S_p - S_L \quad (5)$$

$$S_{m_o} = \frac{K_o V_o \rho_o}{100} \quad (6)$$

$$L_h = \frac{L'}{S} \quad (7)$$

Wyniki badań filtracji ciśnieniowej zestawiono w tabelach 2, 3, 4.

## Omówienie wyników badań

Badane odpady płuczkowe są osadami o zdecydowanie złych właściwościach filtracyjnych. Opór właściwy zmienia się w granicach 0,51—38,37 · 10<sup>11</sup> s<sup>2</sup>/g. Występujące w każdym odpadzie płuczkowym oleje, pochodzące z płuczek emulsyjnych lub zaolejonych urządzeń na stanowiskach wiertniczych powodują blokowanie przegrody filtracyjnej. Zawartość suchej masy w odpadach jest różna i waha się w granicach 2,5% do 30%. Największą zawartość suchej masy 30% posiada osad z Helu, który mimo tak wysokiego stężenia suchej masy posiadał konsystencję płynną — „gęstej śmietany”. Odpady płuczkowe są osadami mineralnymi. Na szczególną uwagę zasługuje obecność w każdym odpadzie dużych ilości żelaza 1,0—1,5 g/dm<sup>3</sup> i metali ciężkich, jak: nikiel, cynk, chrom, ołów, co posiada duże znaczenie przy składowaniu odwodnionych odpadów.

Odpady te w procesie filtracji ciśnieniowej bez wstępnego przygotowania nie odwadniają się.

W przypadku odpadów z Kalisza poprawę efektu odwodnienia osadu uzyskano przy zastosowaniu do koagulacji 10% roztworu CaO. Powstały plack osadu posiadał konsystencję zwartą (uwodnienie od 55 do 60%) przy wydajności filtracji 5,5—7 kg sm/m<sup>2</sup>h. Dawki CaO były jednak bardzo wysokie i wynosiły 100—120% suchej masy osadu. Stosowanie procesu filtracji przy tych parametrach jest nieekonomiczne.

Zadowolające wyniki badań otrzymano, stosując do kondycjonowania odpadów płuczkowych popiół z elektrofiltrów. Optymalne dawki po-

piołu wynosiły od 67 do 166 g/dm<sup>3</sup>, co stanowi 71—178% suchej masy osadu i powoduje zwiększenie objętości odwodnionych odpadów płuczkowych o 7—17%. Wraz ze wzrostem dawki popiołu i wzrostem ciśnienia wzrasta wydajność filtracji i stężenie suchej masy odpadu odwodnionego.

Tabela 2

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ FILTRACJI CIŚNIENIOWEJ ODPADÓW PŁ UCZKOWYCH Z KALISZA

Ciśnienie N · m <sup>-2</sup>	4 · 10 <sup>5</sup>			7 · 10 <sup>5</sup>			10 · 10 <sup>5</sup>			13 · 10 <sup>5</sup>								
	Dawka popiołu g/dm <sup>3</sup> % sm	0	67	100	67	100	133	67	100	133	67	100	133	67	100	133	67	100
Wydajność filtracji kg sm m <sup>2</sup> h	0	71	106	71	106	142	71	106	142	71	106	178	71	106	142	71	106	178
Wydajność filtracji bez udziału popiołu m <sup>3</sup> m <sup>2</sup> h	6,13	25,6	33,5	6,32	32,4	60,8	7	35	55,2	8,7	36,5	70	8,7	36,5	70	10,9	23,6	23,6
Stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym %	0,06	0,15	0,17	0,27	0,67	0,32	0,2	0,067	0,21	0,42	0,59	0,39	0,55	0,09	0,22	0,41	0,48	0,9
	26,5	38,5	43	45	50	28	37	43	45	47	51	23	42	45	52	53	52	53

Optymalne parametry filtracji odpadów płuczkowych z Kalisza:

ciśnienie filtracji	$13 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$
dawka popiołu	166 g/dm <sup>3</sup>
stężenie suchej masy osadu odwodnionego	53 <sup>0/0</sup>
wydajność filtracji	236 kg sm/m <sup>2</sup> h

co oznacza, że w czasie 1 godziny możemy odwodnić na 1m<sup>2</sup> powierzchni filtracyjnej 0,9m<sup>3</sup> odpadu płuczkowego.

Odpady płuczkowe z Helu bez wstępnego przygotowania w procesie filtracji ciśnieniowej nie odwadniają się.

Poprawę własności filtracyjnych odpadów płuczkowych z Helu — tabela 3 — uzyskano w wyniku zastosowania jako pomocy filtracyjnej popiołu z elektrofiltrów w ilości od 40—70<sup>0/0</sup> sm. Stężenie suchej masy osadu odwodnionego w zależności od dawki popiołu i ciśnienia wynosiło od 50—60<sup>0/0</sup>. Powstały placek był zwarty i łatwo odspajał się od tkaniny filtracyjnej.

Wydajność filtracji przy zastosowaniu czystej tkaniny wzrastała wraz z wzrostem ciśnienia i dawki popiołu. Zawarte w płucce oleje powodowały blokowanie tkaniny filtracyjnej. Po pięciu cyklach filtracji z zastosowaniem tej samej tkaniny, wydajność filtracji zmalała o ok. 40—50<sup>0/0</sup>. Uwodnienie powstałego placka pozostawało w tych samych granicach. Otrzymany filtrat był mętny i zawierał duże ilości fenolu — 14 mg/dm<sup>3</sup>, żelaza — 820 mg/dm<sup>3</sup> i metali ciężkich, takich jak ołów — 54 mg/dm<sup>3</sup>, chrom — 7,6 mg/dm<sup>3</sup>, cynk — 83 mg/dm<sup>3</sup>, nikiel — 16 mg/dm<sup>3</sup>. Koagulując odpady płuczkowe polielektrolitem Zetag 32 w ilości 0,06<sup>0/0</sup> i 0,2<sup>0/0</sup> sm oraz popiołem z elektrofiltrów 40 i 70<sup>0/0</sup> sm lub roztworem mleka wapiennego dawką 27<sup>0/0</sup> i 33<sup>0/0</sup> sm i popiołem z elektrofiltrów w ilości 40<sup>0/0</sup>, 50<sup>0/0</sup> i 70<sup>0/0</sup> otrzymano placki o uwodnieniu 53—66<sup>0/0</sup> przy wydajności filtracji od 24 do 129 kg sm/m<sup>2</sup>h

Dodatek koagulantu wpływał na poprawę jakości filtratu i wydajność filtracji. Po pięciu cyklach filtracji z zastosowaniem tej samej tkaniny wydajność filtracji malała o około 30<sup>0/0</sup>.

Optymalne parametry procesu filtracji ciśnieniowej odpadów płuczkowych z Helu:

ciśnienie filtracji	$13 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$
dawka popiołu	70 <sup>0/0</sup> sm
uwodnienie powstałego placka	40 <sup>0/0</sup>
wydajność filtracji	273 kgsm/m <sup>2</sup> h

Optymalną dawkę pomocy filtracyjnej ustalono na poziomie minimalnym, gwarantującym jedynie poprawę własności filtracyjnych ze względu na drugorzędne traktowanie jakości filtratu i niezbędną potrzebę jego oczyszczania. Odpady płuczkowe ze Słupska charakteryzują się najniższym stężeniem suchej masy równym 2,5<sup>0/0</sup>, najwyższym oporem właściwym 38,37 · 10<sup>11</sup> s<sup>2</sup>/g.

Tabela 3

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ FILTRACJI CIŚNIENIOWEJ ODPADÓW PŁUCZKOWYCH Z HELU

Ciśnienie N · m <sup>-2</sup>	7 · 10 <sup>5</sup>					10 · 10 <sup>5</sup>					13 · 10 <sup>5</sup>					7 · 10 <sup>5</sup>									
	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80					
Dawka popiołu																									
Koagulant																									
Dawka koagulantu																									
Stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym	53	58	56	60	60	55	51	53	53	60	55	54	55	57	53	53	64	66	66	51	52	66,5	49	60	65
Wydajność filtracji	8,3	34,0	73,4	89,5	10,0	38	91,6	139	18,2	45	125,1	273	99,6	89,6	129	24	29	79,7	19,7	22	35	77,5	19,7	22	35
Wydajność filtracji bez udziału popiołu																									
	0,014	0,05	0,2	0,09	0,02	0,061	0,12	0,18	0,023	0,07	0,18	0,31	0,13	0,09	0,18	0,04	0,05	0,084	0,040	0,043	0,060	0,082	0,060	0,082	

Poprawę własności filtracyjnych odpadów ze Słupska — tabela 4 — uzyskano po zastosowaniu, jako pomocy filtracyjnych popiołu z elektrofiltrów, w ilości 20—40 g/dm<sup>3</sup>, co stanowi

77—155% suchej masy osadu i powoduje wzrost objętości odwodnionej płuczki od 2—4%.

Zadowolające efekty uzyskano również, prowadząc koagulację 10% roztworem mleka wapienno-ego w ilości 30 i 40% sm i popiołem z elektrofiltrów 30—40 g/dm<sup>3</sup>. Stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym wynosi 30—47%, osad posiada konsystencję zwartą, nadaje się do transportu samochodowego. Wydajność filtracji wzrasta ze wzrostem dawki koagulantu i ze wzrostem ciśnienia od 24 do 61 kg/m<sup>2</sup>h.

Optymalne parametry filtracji ciśnieniowej odpadów ze Słupska:

ciśnienie filtracji	$10^6 \frac{N}{m^2}$
dawka popiołu	40 g/dm <sup>3</sup>
stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym	47%
wydajność filtracji	61 kgsm/m <sup>2</sup> h

Zwiększenie dawek koagulantów powoduje wzrost wydajności filtracji przy jednoczesnym obniżeniu stężenia suchej masy w płuczce.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ FILTRACJI CIŚNIENIOWEJ ODPADÓW PŁUCZKOWYCH ZE SŁUPSKA

Tabela 4

Ciśnienie	$\frac{N}{m^2}$	4 · 10 <sup>5</sup>			7 · 10 <sup>5</sup>			10 · 10 <sup>5</sup>			7 · 10 <sup>5</sup>			10 · 10 <sup>5</sup>		
		20	30	40	20	30	40	20	30	40	30	40	40	30	40	
Dawka popiołu	$\frac{g}{dm^3}$ %	77,5	116	155	77,5	116	155	77,5	116	155	116	155	155	116	155	
Koagulant		—			—			—			CaO			CaO		
Dawka koagulantu	% Sm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	40	30	40	30	
Stężenie suchej masy	%	20	36	41	36	38	42	20	42	47	32	38	40	42	33	43
Wydajność filtracji	$\frac{kgsm}{m^2h}$	24	32	47	26	38	50	29	45	61	45	52	49	60	52	58
Wydajność filtracji bez popiołu	$\frac{m^3}{m^2h}$	0,52	0,58	0,72	0,57	0,68	0,76	0,63	0,81	0,92	0,81	1,13	0,74	0,91	1,13	0,88

## Podsumowanie

Badania laboratoryjne nad odwadnianiem zużytych płuczek geologicznych wykazały przydatność procesu filtracji ciśnieniowej do odwadniania. Niezbędne jest jednak wstępne kondycjonowanie odpadów, w celu poprawy własności filtracyjnych odpadów płuczkowych. Uniwersalnym środkiem, wpływającym na poprawę własności filtracyjnych odpadów okazał się popiół z elektrofiltrów. Dawki pomocy filtracyjnych ustalono na poziomie minimalnym, gwarantującym jedynie poprawę własności filtracyjnych, ze względu na drugorzędne traktowanie jakości filtratu. Filtrat we wszystkich przypadkach zawierał fenol i metale ciężkie w ilościach przekraczających dopuszczalne granice zanieczyszczeń w ściekach, odprowadzanych do kanalizacji. Konieczne jest więc oczyszczenie filtratu.

## Oznaczenia

- t — czas filtracji, h
- F — powierzchnia filtracji, m<sup>2</sup>
- K<sub>o</sub> — stężenie suchej masy w nadawie, %
- K<sub>e</sub> — stężenie suchej masy w placku osadu, %
- L — wydajność filtracji w kilogramach suchej masy powstałego placka na metr kwadratowy powierzchni filtracji i godzinę, kg/m<sup>2</sup>h
- L' — wydajność filtracji w kilogramach suchej masy osadu odwodnionego na metr kwadratowy powierzchni filtracji i godzinę, kg/m<sup>2</sup>h
- L<sub>h</sub> — wydajność filtracji w metrach sześciennych odwodnionego osadu na metr kwadratowy powierzchni filtracji i godzinę, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h
- S — stężenie suchej masy w nadawie kg/m<sup>3</sup>

- S<sub>L</sub> — sucha masa koagulantu kg
- Sm<sub>o</sub> — sucha masa odwodnionego osadu z pominięciem suchej masy koagulantu kg
- Sp — sucha masa powstałego placka osadu kg
- V<sub>f</sub> — objętość filtratu m<sup>3</sup>
- V<sub>o</sub> — objętość nadawy m<sup>3</sup>
- V<sub>p</sub> — objętość powstałego placka m<sup>3</sup>
- ρ<sub>o</sub> — gęstość osadu kg/m<sup>3</sup>
- ρ<sub>p</sub> — gęstość suchej masy powstałego placka osadu kg/m<sup>3</sup>

## LITERATURA

1. S. BRETSZNAJDER i in.: Określenie współczynników do doboru filtru przemysłowego. Przemysł Chemiczny 1956, XII, s. 78.
2. E. S. KEMPA: Procesy całkowitego unieszkodliwienia osadów ściekowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 2, tom XLII, s. 52.
3. A. KRÓLIKOWSKI, Ł. KURZAC: Próby zastosowania węgla brunatnego do odwadniania osadów ściekowych. Biuletyn IKS nr 9, s. 23.
4. S. LESZCZYŃSKI. Filtracja w przemyśle. PWT, Warszawa 1958.
5. E. NOWAKOWSKA: Niektóre problemy projektowania przeróbki osadów ściekowych. Gaz Woda i Technika Sanitarna nr 9, t. XLII, s. 296.
6. Praca zbiorowa: Oczyszczanie ścieków miejskich. Tom II. Wydawnictwo Arkady 1970.
7. Praca zbiorowa. Filtracja. ZUP Nysa, Warszawa 1972. Wydawca SłiTMP.
8. O. TABASARAN: Przeróbka i usuwanie osadów ściekowych. Wydawnictwo IGK Katowice.
9. U. S. TUROWSKI: Obrabotka osadków stocznych wod. Wydawnictwo C. T., Moskwa 1975.
10. J. ŻABOWSKI: Przygotowanie osadów do mechanicznego odwadniania. Wodociągi i Kanalizacja. Nowa Technika w Inżynierii Sanitarnej 3, Arkady 1973.