

mgr inż. Adam Ponikowski

Zakład Badania Jakości Zasobów Wodnych
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział we Wrocławiu

BADANIA NAD PRZERÓBKĄ OSADÓW Z OCZYSZCZANIA WÓD RZEKI PEŁCZNYCY

Przedstawiono wyniki badań nad przeróbką osadów powstających przy oczyszczaniu wód rzeki Pełcznicy, do której odprowadzane są nie w pełni oczyszczone ścieki przemysłowe z zakładów wydobywczych i przetwórczych węgla kamiennego. Podano charakterystykę osadów oraz określono ich zdolność do zagęszczania grawitacyjnego. Stwierdzono, że najwłaściwszą metodą przeróbki osadów jest próżniowe odwadnianie na obrotowym filtrze bębnowym. Oznaczono również ciepło spalania, na podstawie którego wnioskować można o unieszkodliwianie badanych osadów przez spalanie.

Kopalnie i zakłady przetwórcze węgla kamiennego zlokalizowane w sąsiedztwie małych odbiorników stanowią poważne zagrożenie dla środowiska wodnego, ponieważ do odbiorników tych odprowadzane są na ogół nie w pełni oczyszczone ścieki przemysłowe prowadzące znaczny ładunek uciążliwych zanieczyszczeń. Lokalizacja zakładów w obrębie zwartej zabudowy miejskiej praktycznie wyklucza możliwość rozbudowy istniejących oczyszczalni do wielkości pozwalającej na dostateczne oczyszczenie zwiększonej ilości ścieków, powstających wraz z ciągłą intensyfikacją procesów wydobywczych i przetwórczych. Przykładem jest tu wałbrzyska

aglomeracja miejska, na terenie której prowadzona jest intensywna eksploatacja wysokoenergetycznego węgla kamiennego i jego przeróbka. Niewystarczająco oczyszczone ścieki przemysłowe odprowadzane są do rzeki Pełcznicy, przez co wody jej mają charakter ściekowy, o niewielkim tylko udziale wód naturalnych [9]. W celu poprawy stanu czystości rzeki opracowano koncepcję aby w oczyszczalni rzecznej wspólnie oczyszczać ścieki z zakładów przemysłowych miasta Wałbrzycha wraz z naturalnymi wodami rzeki Pełcznicy [8]. Przy oczyszczaniu powstawać będą duże ilości osadów ściekowych, które wymagają przeróbki i dalszego ich unieszkodliwiania. Równolegle za-

tem z opracowywaniem technologii oczyszczania wód ściekowych [8] przeprowadzono badania nad przeróbką osadów. Ponieważ ilość osadów uzyskana w początkowej fazie badań technologicznych była niewystarczająca, wydzielano je w oddzielnych urządzeniach, stosując ten sam tok postępowania jak w technologii oczyszczania wód ściekowych. Z uwagi na nietypowy charakter osadów, stwierdzony wstępnie przy analizie składu wód, koniecznym było przeprowadzenie badań technologicznych nad przeróbką tych osadów. Duża zawartość substancji organicznych nierozkładalnych (zanieczyszczenia węglowe) zasugerowała wyraźnie mechaniczną ich przeróbkę.

Metodyka i zakres badań

Badania przeprowadzono na osadach uzyskiwanych z koagulacji wód ściekowych (3000—3500 dm³), pobieranych z rzeki Pełcznicy w przekroju prawdopodobnej lokalizacji projektowanej oczyszczalni rzecznej.

Do koagulacji stosowano siarczan żelazawy — FeSO₄·7H₂O, w dawce 80—100 mg/dm³ przy korekcie odczynu wód ściekowych do pH około 9,5 wapnem w ilości 100—200 mg/dm³. Osady pokoagulacyjne zagęszczano grawitacyjnie w rurach szklanych przez okres czterech godzin i po zagęszczeniu osady wykorzystywano do dalszych badań nad ich próżniowym odwadnianiem. Próby odwadniania przeprowadzono przy użyciu ssawki filtracyjnej (dobór tkaniny filtracyjnej) i modelowego filtra bębnowego (określenie wydajności filtracji). Przebadano

następujące tkaniny filtracyjne produkcji krajowej: stylonowe PT-15, PT-32, PT-41, PT-48 i PT-55, bawełniane BT-3 i BT-16 oraz tkaninę z włókna szklanego ST-1.

Tkanina o najlepszych właściwościach filtracyjnych (PT-15) zastosowana została w charakterze przegrody filtracyjnej do odwadniania badanych osadów na modelowym filtrze bębnowym. Próby osadów przed i po zagęszczeniu analizowano w zakresie następujących wskaźników: barwy, zapachu, struktury, ciężaru właściwego, odczynu pH, kwasowości, zasadowości, utlenialności, ChZT, uwodnienia oraz suchej pozostałości z podziałem na substancje mineralne i lotne [4]. W osadach zagęszczonych oznaczano również współczynnik ściśliwości (s) i opór właściwy filtracji (r) [1, 2, 3]. W osadach odwodnionych na filtrze próżniowym oznaczano także ciepło spalania [7]. W cieczy nadosadowej i w filtracie oznaczano: odczyn pH, przewodnictwo właściwe, chlorki siarczany, kwasowość, zasadowość, utlenialność, ChZT, azot amonowy, azot organiczny, azot ogólny, zawiesiny, związki rozpuszczone i suchą pozostałość [4].

Charakterystyka urządzeń doświadczalnych

— Koagulację zanieczyszczeń prowadzono w dwóch stalowych zbiornikach o pojemności 5000 dm³ każdy.

— Próby grawitacyjnego zagęszczania osadów wykonywano w dwóch kolumnach szklanych o wysokości 2,0 m i średnicy 0,143 m.

— Opór właściwy filtracji oznaczano przy próżni 375 mm sł. Hg, co odpowiada ciśnieniu $P=50 \text{ kN/m}^2$. Powierzchnia filtracyjna lejka Buchnera wynosiła $0,00385 \text{ m}^2$.

— Powierzchnia ssawki filtracyjnej laboratoryjnego zestawu filtracyjnego wynosiła $0,01 \text{ m}^2$.

— Do badań nad filtracją próżniową stosowano modelowy filtr bębnowy o następującej charakterystyce:

powierzchnia filtracji $0,25 \text{ m}^2$

średnica bębna $0,5 \text{ m}$

liczba komór 12

obroty bębna (regulacja ciągła) $0,06\text{—}1,5$ obr/min

liczba wahnięć mieszadła (podwójnych) 30/min

silnik napędowy bębna typ PC B115-45. Moc 230W

silnik napędowy mieszadła typ KSc K8760. Moc 130W

pompa próżniowa typ P20004, wydajność $230 \text{ dm}^3/\text{min}$

stopień próżni przy tej wydajności 80%

liczba stref odbioru filtratu 2.

Doświadczalny zestaw urządzeń do badań przeróbki osadów ściekowych przedstawiono na rys. 1.

Omówienie wyników badań

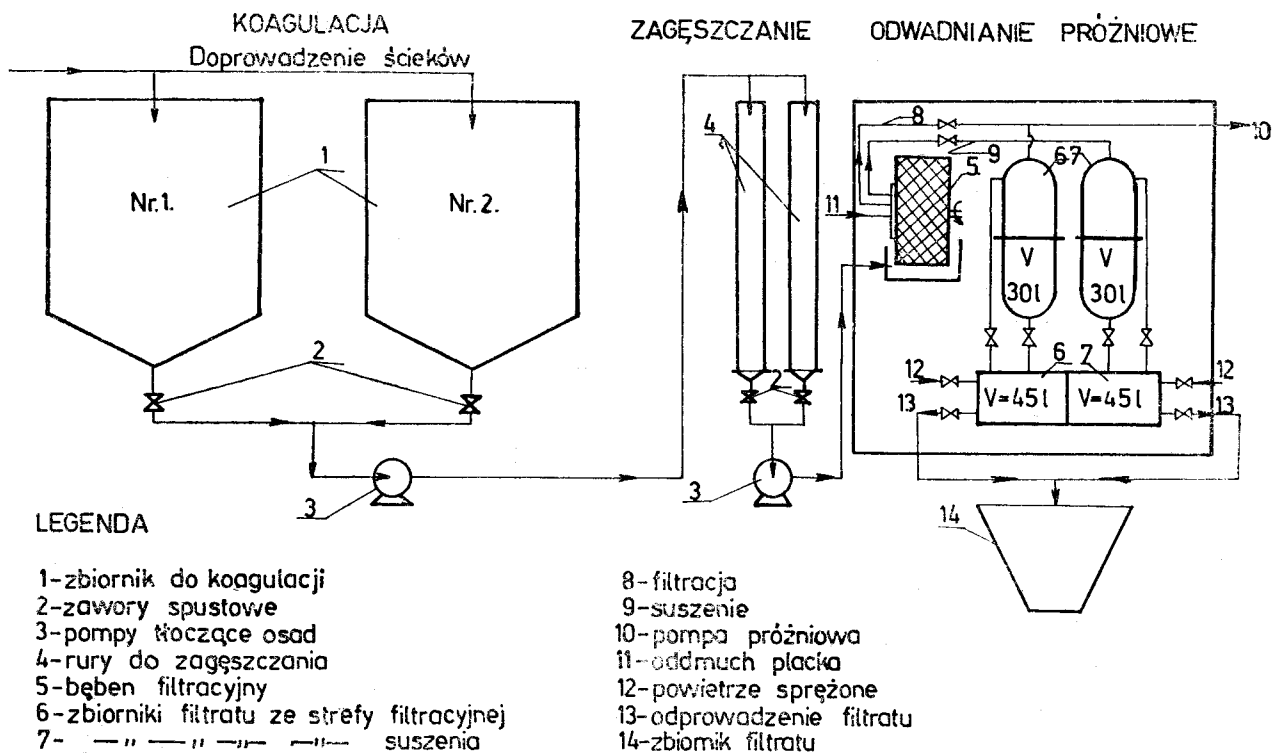
Charakterystyka osadów surowych

Osady surowe charakteryzowały się ciemno-brunatną barwą, silnym specyficznym zapachem oraz kłaczkowatą, jednorodną strukturą. Odczyn pH osadów był lekko alkaliczny, co spowodowane było użyciem wapna do koagulacji wód ściekowych. Utlenialność i ChZT wahały się w bardzo szerokim zakresie i wynikało to z faktu zmiennego zrzuću ścieków przemysłowych do rzeki Pełcznicy.

Uwodnienie osadów surowych było stosunkowo niskie jak dla tego rodzaju osadów i wynikało z jednorodnej struktury i dobrych właściwości sedymentacyjnych. Zawartość ciał stałych była dosyć duża z przewagą związków mineralnych. Skład fizykochemiczny osadów podano w tabeli 1. Celem zmniejszenia objętości osadów i zawartości wody, osady poddano zagęszczaniu grawitacyjnemu.

Charakterystyka osadów zagęszczonych

Osady zagęszczone (tabela 1) charakteryzowały się w stosunku do osadów surowych podwyższonymi wartościami liczbowymi utlenialności, ChZT i zawartości ciał stałych, w których nastąpił również nieznaczny wzrost substancji lotnych. Zwiększeniu uległ także ciężar właściwy i w stopniu minimalnym odczyn pH zagęszczonych osadów. Barwa pozostała bez zmian, struktura jeszcze bardziej jednorodna, a zapach znacznie intensywniejszy (zapach smoły, fenoli i krezoli). Stopień uwodnienia osadów zagęsz-



Rys. 1. Schemat urządzeń doświadczalnych dla badań przeróbki osadów ściekowych

SKŁAD FIZYCZNO-CHEMICZNY OSADÓW POKOAGULACYJNYCH Z WÓD RZECI PEŁCZNICZY

Tabela 1

Lp.	Wskaźnik	Jedn.	Rodzaj osadów i ilość pomiarów [n]					
			Osady surowe [n=19]			Osady zagęszczane [n=19]		
			min	maks.	śr [50%]	min	maks.	śr [50%]
1	Odczyn pH	—	7,4	8,6	8,2	7,5	8,8	8,3
2	Kwasowość	mval/dm ³	0,5	1,1	0,75	0,2	1,0	0,5
3	Zasadowość	mval/dm ³	5,0	14,0	8,4	4,0	13,0	7,8
4	Utlenialność	mgO ₂ /dm ³	4200	26000	15000	10000	26200	18000
5	ChZT	mgO ₂ /dm ³	12309	153000	63000	41300	172000	85500
6	Gęstość	g/cm ³	1,001	1,045	1,024	1,010	1,054	1,033
7	Uwodnienie	%	85,0	97,7	93,7	82,5	95,0	90,0
8	Sucha pozostałość	mg/dm ³	22890	149900	63000	44830	174600	10000
	substancje mineralne	% s.m.	49,5	73,0	61,0	49,0	72,8	60,0
	substancje lotne	% s.m.	27,0	50,5	39,0	27,2	51,0	40,0
9	Opór właściwy filtracji [r]	m/kg	—	—	—	116×10 ¹⁰	747×10 ¹⁰	410×10 ¹⁰
10	Współczynnik ściśliwości [s]	—	—	—	—	0,62	0,72	—

czonych został obniżony jedynie o 3,7% (wartość średnia), co spowodowane było dość znaczną zawartością ciał stałych w osadach niezagęszczonych. Wyraźnemu zmniejszeniu uległa objętość osadów zagęszczonych (1,6 razy), co świadczy o celowości przeprowadzania tej operacji. Wartości liczbowe oporu właściwego filtracji i współczynnika ściśliwości osadów wskazują, że są to osady przeciętnie odwadniające się mechanicznie [6].

Charakterystyka cieczy nadosadowej

Ciecz nadosadowa z zagęszczania osadów charakteryzowała się szaro-żółtą barwą, specyficznym zapachem i wysoką mętnością. Wartości liczbowe przewodnictwa właściwego, chlorków, siarczanów i związków rozpuszczonych świadczą o dość znacznym zasoleniu cieczy. Specyficzny zapach (fenole, krezole, smoła), podwyż-

szone wartości utlenialności, ChZT i azotu amonowego dowodzą dużego zanieczyszczenia cieczy nadosadowej substancjami, charakterystycznymi dla ścieków przemysłowych z zakładów przetwórczych węgla kamiennego. Ciecz nadosadową jako silnie zanieczyszczoną należy kierować do oczyszczalni w celu jej oczyszczenia. Skład fizyczno-chemiczny cieczy nadosadowej podano w tabeli 2.

Dobór tkaniny filtracyjnej

Jedną z zasadniczych części składowych filtrów próżniowych są przegrody filtracyjne, czyli tkaniny. Od rodzaju i charakteru tkaniny filtracyjnej zależą w poważnej mierze stopień odwodnienia i czas filtracji — podstawowe parametry tej operacji. Przegroda filtracyjna powinna charakteryzować się małym oporem

Tabela 2

SKŁAD FIZYCZNO-CHEMICZNY CIECZY NADOSADOWEJ

Lp.	Wskaźnik	Jednostki	Liczba pomiarów [n]=19 Wartości liczbowe		
			min.	maks.	śr. (50%)
1.	Odczyn	pH	7,4	8,5	7,8
2.	Przewodnictwo	$\mu\text{S/cm}$	3000	4300	3770
3.	Chlorki	mg Cl/dm^3	30	220	122
4.	Siarczany	$\text{mg SO}_4/\text{dm}^3$	733	1023	856
5.	Kwasowość	mval/dm^3	0,2	1,2	0,55
6.	Zasadowość	mval/dm^3	6,0	18,0	12,20
7.	Utlenialność	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$	24	185	80
8.	ChZT	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$	60	612	262
9.	Azot amonowy	$\text{mg N NH}_4/\text{dm}^3$	6,1	21,0	14,4
10.	Azot organicz.	mg N/dm^3	1,4	6,7	2,8
11.	Azot ogólny	mg N/dm^3	6,1	26,6	17,0
12.	Zawiesiny ogólne	mg/dm^3	34	206	115
	części mineralne	mg/dm^3	2	136	78
	części lotne	mg/dm^3	8	93	34
13.	Związki rozpuszczone	mg/dm^3	1592	2232	1965
	części mineralne	mg/dm^3	1040	1762	1550
	części lotne	mg/dm^3	302	611	415
14.	Sucha pozostałość	mg/dm^3	1788	2344	2080
	części mineralne	mg/dm^3	1178	1778	1628
	części lotne	mg/dm^3	338	650	449

właściwym, odpornością na korozję, dużą wytrzymałością mechaniczną i dostosowaniem do rodzaju filtrowanego osadu. Dostosowanie przegrody filtracyjnej do rodzaju filtrowanego osadu oraz opór właściwy tkaniny filtracyjnej decydują o podstawowych parametrach filtracji, wpływają więc bezpośrednio na wartości liczbowe wydajności filtracji. Stąd potrzeba prowadzeniem badań nad doбором tkanin filtracyjnych dla konkretnych osadów. Jako przegrody filtracyjne, spełniające powyższe wymagania, stosowane są najczęściej tkaniny z włókien syntetycznych [1, 2, 5]. W Polsce produkowany jest szeroki asortyment syntetycznych tkanin filtracyjnych i dlatego do badań nad doбором najwłaściwszej tkaniny filtracyjnej użyto wyłącznie tkanin krajowych. Aby wyniki badań były porównywalne, wszystkie filtracje mające na celu wytypowanie tkaniny, posiadającej najlepsze właściwości filtracyjne dla badanych osadów wykonywano w tych samych warunkach (czas filtracji, wielkość próżni, zawartość suchej masy w osadzie). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że najwłaściwszymi tkaninami filtracyjnymi są tkaniny stylonowe PT-15, PT-32 i PT-41 oraz tkanina bawełniana BT-3. Stosowanie tych tkanin pozwalało na osiągnięcie dobrej wydajności i dobrego stopnia odwodnienia. Placek odwodnionych osadów przy oddmuchu odpadał łatwo, a tkaniny te pozostawały dość długo czyste. Dobre właściwości filtracyjne wykazywała również tkanina z włókna szklanego. Filtrat zawierał jednak znaczne ilości zawiesin (2,5—5,5 g/dm³ a tkanina ta wykazywała mniejszą niż inne badane tkaniny wytrzymałość mechaniczną — dziurawiła się, co wyklucza możliwość jej stosowania. Z porównania wyników zawartych w tabeli 3 wynika, że najlepsze właściwości filtracyjne ma tkanina PT-15 i tkanina ta zastosowana została do badań nad odwadnianiem osadów na modelowym filtrze bębnowym.

Tabela 3

WYNIKI ODWADNIANIA OSADÓW NA SSWACIE LABORATORYJNEJ PRZY ZASTOSOWANIU WYBRANYCH TKANIN FILTRACYJNYCH (DOBÓR TKANINY FILTRACYJNEJ)

Rodzaj tkaniny	Parametr filtracji	Jedn.	Liczba pomiarów [n]=19		
			min.	maks.	śr. (50%)
PT-15	Wydajność filtracji	$\text{kg s.m/m}^2\text{h}$	10,2	18,8	14,5
	Uwodn. plačka osadowego	%	46,6	66,6	54,4
	Masa zawiesin w filtracie	mg/dm^3	105	424	275
PT-32	Wydajność filtracji	$\text{kg s.m/m}^2\text{h}$	9,5	17,7	13,4
	Uwodn. plačka osadowego	%	45,9	68,5	55,5
	Masa zawiesin w filtracie	mg/dm^3	210	780	452
PT-41	Wydajność filtracji	$\text{kg s.m/m}^2\text{h}$	10,0	17,0	13,2
	Uwodn. plačka osadowego	%	46,9	68,5	56,0
	Masa zawiesin w filtracie	mg/dm^3	310	1020	576
BT-3	Wydajność filtracji	$\text{kg s.m/m}^2\text{h}$	6,9	17,4	12,2
	Uwodn. plačka osadowego	%	46,5	64,9	54,0
	Masa zawiesin w filtracie	mg/dm^3	401	1226	698

Próżnia 375 mm sł. Hg co odpowiada ciśnieniu $P=500 \text{ kN/m}^2$

Czas filtracji 6 min. ($t_f=3 \text{ min.}$)

Odwadnianie osadów na modelowym filtrze bębnowym

Przeprowadzone badania wykazały, że dla odwodnionych osadów najodpowiedniejszym odbiorem będzie zastosowanie wędrującej przegrody filtracyjnej. Odbiór plačka osadowego przez skrobak lub odbiór sznurkowy powodował szybkie zalepianie kanalików w przegrodzie filtracyjnej, co zmuszało do przerw w filtracji i stwarzało konieczność płukania tkaniny filtracyjnej. Pełny obrót bębna ustalono na około 12—16 minut, a ciśnienie powietrza od dmuchu plačka osadowego na około 98—147 kN/m². Określenie wydajności filtracji polegało na zmierzeniu czasu filtracji oraz na zważeniu odebranego w tym czasie plačka osadowego i oznaczeniu jego uwodnienia.

Wydajność filtracji podano w kg suchej masy osadu uzyskaną z 1 m² powierzchni filtracyjnej w czasie 1 godziny. Wyniki próżniowego odwadniania osadów na modelowym filtrze bębnowym podano w tabeli 4.

Skład fizyczno-chemiczny filtratu jest podobny do składu fizyczno-chemicznego cieczy nadosadowej (tabela 2), z tą tylko różnicą, że w filtracie ilość zawiesin jest znacznie większa (168—400 mg/dm³). Filtrat podobnie jak ciecz nadosadowa kierowany winien być do oczyszczania wspólnie z wodami ściekowymi rzeki Pełcznicy.

Tabela 4

WYNIKI ODWADNIANIA OSADÓW NA MODELOWYM FILTRZE PRÓŻNIOWYM PRZY ZASTOSOWANIU TKANINY PT-15 JAKO PRZEGRODY FILTRACYJNEJ

Lp.	Wskaźnik	Jednostki	Liczba pomiarów [n]=19 Wartości liczbowe		
			min.	maks.	śr. (50%)
1.	Czas filtracji	godz.	0,37	0,67	0,52
2.	Grubość plačka osadowego	mm	2,0	3,0	2,5
3.	Ciepota plačka osadowego	kg	2,00	4,46	3,25
4.	Uwodn. plačka osadowego	%	49,5	66,3	56,3
5.	Wydajność filtracji	$\text{kg s.m/m}^2\text{h}$	8,40	13,20	10,92
6.	Próżnia	kN/m^2	40	60	50
7.	Ciepota powietrza przy oddmuchu plačka osadowego	kN/m^2	98	147	122
8.	Ciepota spalania	kcal/kg sm	2520	3540	3050

Analiza ciepła spalania osadów

Ciepło spalania badanych osadów wahało się w granicach 2520—3540 kcal/kg s.m. (wartość średnia 3050 kcal/kg s.m.) i zbliżone jest do wartości kalorycznej węgla brunatnego. Na podstawie tej wnioskuje się o unieszkodliwienie osadów przez spalanie, jako dodatku do paliwa w elektrociepłowni.

Wnioski

1. Skład fizyczno-chemiczny osadów, a w szczególności wysoka zawartość związków mineralnych i nierozkładalnych substancji organicznych (zanieczyszczenia węglowe) pozwala wnioskować, że najwłaściwszą przeróbką badanych osadów będzie przeróbka mechaniczna.
2. W wyniku zagęszczania grawitacyjnego osadów uzyskano zmniejszenie zawartości wody (średnio, o około 4,0⁰/0) i objętości (średnio około 1,6 razy), co świadczy o celowości prowadzenia tej operacji.
3. Badany osad może być z dobrym skutkiem odwodniony na bębnowych obrotowych filtrach próżniowych, z zastosowaniem w charakterze przegrody filtracyjnej tkaniny styłonowej PT-15 lub tkaniny o zbliżonych parametrach.
4. Ciecz nadosadową i filtrat ze względu na dużą ilość zanieczyszczeń należy kierować do ponownego oczyszczania.
5. Wartość kaloryczna badanych osadów zbliżona do wartości kalorycznej węgla brunatnego wskazuje, że odwodniony osad można będzie unieszkodliwiać przez spalanie.

L I T E R A T U R A

1. A. CHOJNACKI, M. GOLIŃSKI, A. OLESZCZYK: Warunki przygotowania i odwadniania osadów pokoagulacyjnych podekarbonizacyjnych i ich mieszanin. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Osady ściekowe. Transport. Fermentacja. Odwirowanie Nr 23, s. 39—58. Wrocław 1975.
2. B. CYWIŃSKI i inni: Oczyszczanie ścieków miejskich. Arkady. Warszawa 1972.
3. H. EISERMAN, J. ZIELIŃSKI: Uwagi do teorii filtracji osadów w świetle przeprowadzonych badań. Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków. Materiały na XIV Konferencję Naukowo-Techniczną PZITS, s. 353—369. Katowice, czerwiec 1971.
4. W. HERMANOWICZ i inni: Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków. Arkady. Warszawa 1976.
5. E. KEMPA: Zastosowanie tkanin filtracyjnych z włókien sztucznych w procesie odwadniania osadów ściekowych. Gaz Woda Techn. Sanit. 38 (1964), 124.
6. A. OLESZCZYK, B. KOZIOROWSKI: Charakterystyka technologiczna osadów przemysłowych. Prace naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Oczyszczanie ścieków i unieszkodliwianie odpadów przemysłowych. Nr 32, s. 182—192. Wrocław 1977.
7. POLSKA NORMA PN-73/g-04513. Oznaczanie ciepła spalania paliw stałych.
8. M. WASILEWSKI i inni: Ustalenie sposobu oczyszczania ścieków pochodzących z kopalń i zakładów przeróbki węgla kamiennego na przykładzie oczyszczalni rzecznej Pełcznica-Wałbrzych. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Wrocław. Raport nr 1, 2 i 3. 1975—1977.
9. W. ZALEWSKI: Badania testowe oczyszczania ścieków z przemysłu węglowego. Ochrona Środowiska. Informator Dolnośląski Oddziału PZITS, s. 17—23. Wrocław, grudzień 1979.