ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 19 Nr kol. 443

Andrzej Grossman, Helena Kościelniak,
Wacław Kusznik, Wanda Pawlita

WPŁYW FLOKULANTÓW NA ODWADNIALNOŚĆ OSADÓW POKOAGULACYJNYCH

Streszczenie. W dużych stacjach wodociągowych, stosujących proces koagulacji, istotnym problemem jest likwidacja znacznych ilości osadów pokoagulacyjnych. Przy wyborze metody odwadniania tych osadów, jak również podczas kontroli procesu, ważne jest przyjęcie szybkiego i porównywalnego sposobu oceny odwadnialności. Szczególnego znaczenia nabiera ten problem obecnie, gdy stosowane coraz szerzej nowoczesne środki wspomagające wpływają nie tylko na intensyfikację koagulacji, lecz zmieniają również wyraźnie cechy osadu pokoagulacyjnego. Skłoniło to do podjęcia badań w kierunku:

- adaptacji metody pomiaru oporności filtracji stosowanej powszechnie przy ocenie odwadnialności osadów ściekowych do charakterystyki osadów pokoagulacyjnych,
- ustalenia wpływu różnych kombinacji reagentów stosowanych w procesie koagulacji na stopień odwodnienia powstających osadów, ze szczególnym uwzględnieniem dodatku substancji flokujących.

Badania przeprowadzono w skali ułamkowo-technicznej oraz laboratoryjnej. W procesie koagulacji stosowano siarczan glinu, wapno, krzemionkę aktywną oraz Gigtar. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że:

- znana metoda pomiaru oporności filtracji osadów ściekowych może być zastosowana do badań odwadnialności osadów pokoagulacyjnych,
- decydujący wpływ na jakość pomiaru oporności filtracji wywiera właściwy dobór przegrody filtracyjnej. Dla osadów pokoagulacyjnych korzystna okazała się tkanina filtracyjna BT-103.
- znaczny wpływ na oporność filtracji osadów pokoagulacyjnych wywiera rodzaj stosowanych do koagulacji reagentów,
- stosowanie podczas koagulacji, obok koagulantu podstawowego, substancji flokujących, wyraźnie obniża współczynnik oporności filtracji osadów pokoagulacyjnych.

Uzdatnianie wody metodą koagulacji wiąże się ściśle z zagadnieniem przerobu znacznych ilości osadów pokoagulacyjnych. Są one nie tylko produktem prowadzonego procesu, lecz równocześnie odgrywają w nim czynną rolę. Zależnie od zawartości zawiesin w wodzie doprowadzonej do osadnika, uzyskane osady charakteryzują się dużym stopniem uwodnienia od 91 do 98 procent. Sposób likwidacji osadów jest jednym z czynników decydujących o kosztach procesu uzdatniania wody.

Wzrost zanieczyszczenia wód powierzchniowych coraz bardziej komplikuje technologię procesu koagulacji i powoduje powstawanie rosnących ilości osadów o zróżnicowanym składzie. Przy wyborze właściwego sposobu koagulacji, obok wymagań stawianych wodzie uzdatnionej, należy również kierować się stopniem odwadnialności osadów pokoagulacyjnych. Można sądzić, że prze

bieg procesu odwodnienia zależy nie tylko od rodzaju zastosowanych urządzeń, lecz także od składu powstających osadów [1].

Istniejący problem skłonił do podjęcia badań w kierunku:

- adaptacji metody stosowanej dotychczas przy ocenie odwadnialności osadów ściekowych do charakterystyki osadów pokoagulacyjnych;
- doboru właściwego materiału filtracyjnego do laboratoryjnych prób odwadnialności badanych osadów;
- ustalenia wpływu różnych kombinacji reagentów stosowanych w procesie koagulacji na stopień odwodnienia powstających osadów, ze szczególnym uwzględnieniem dodatku substancji flokujących.

1. Część opisowa

Metody odwadniania osadów

Doświadczenia z praktyki wodociągowej wskazują, że do odwadniania osadów pokoagulacyjnych najczęściej wykorzystywane są filtry próżniowe i wirówki, natomiast rzadziej stosuje się prasy filtracyjne i suszenie osadów na poletkach.

Osady poddawane odwadnianiu na filtrach próżniowych wymagają zazwyczaj wstępnego przygotowania przez płukanie, wtórne koagulowanie lub dodatek wapna. Do zalet filtrów próżniowych należy możliwość ich stosowania w układzie ciągłym. Urządzenie do filtracji próżniowej w skali technicznej stanowi walec metalowy, na którym napięta jest tkanina filtracyjna. Jako materiał filtracyjny stosuje się tkaniny wełniane, bawełniane lub z wysokowytrzymałych tworzyw sztucznych. Wolno obracający się walec zanurzony jest w płynnym osadzie do 1/3 wysokości. Jego wnętrze podzielone jest na komory, w których kolejno wytwarza się podciśnienie, przy czym wielkość próżni na ogół nie przekracza 8.10^4 $N.m^{-2}$. Osad zassany na powierzchni bębna wytwarza na nim warstwę o grubości 4 do 10 mm, a odsączona woda przecieka do wnętrza urządzenia. W odpowiednim położeniu walca sucha warstwa osadu ścinana jest nożem i opada na taśmę transportera. Zawartość wody w osadzie odwodnionym powyższą metodą wynosi od 60 do 75 procent [1, 2, 3, 4].

Odmianą filtru próżniowego jest stosowany w Stanach Zjednoczonych tzw. coil filter, składający się z dwóch warstw stalowych sprężyn zwiniętych spiralnie. Są one nałożone na bęben filtracyjny w taki sposób, że przypominają tkaninę żeberkową, a wewnętrzna ich powierzchnia znajduje się pod zmniejszonym ciśnieniem [2].

Odwadnianie osadów przez odwirowanie polega na wykorzystaniu siły odśrodkowej; osad oddzielany jest od wody na zasadzie różnicy ciężarów. W czasie pracy wirówki cząstki osadu wyrzucane są ku obwodowi bębna na jego wnętrze wypełnia woda poosadowa. Po wypełnieniu urządzenia odwodnionymi osadami usunięcie ich odbywa się w sposób mechaniczny.

Osad taki zawiera zwykle około 75 procent wody. Według danych eksploatacyjnych stosowanie wirówek nie zawsze daje zadowalające wyniki odwodnienia osadów pokoagulacyjnych [1].

Prasy filtracyjne są to filtry ciśnieniowe, w których osad odfiltrowuje się przez płótno napięte między szeregiem stalowych ram. Odwadnianie osadów w prasach nie jest operacją ciągłą. Zaletą tych urządzeń jest możliwość zastosowania znacznie większych ciśnień niż w filtrach próżniowych [1]. Uzyskuje się przy tym odwodnienie osadów do 65 procent zawartości wody. Prasy filtracyjne są na ogół obsługiwane ręcznie, co przyczynia się do ich małego rozpowszechnienia [2, 3].

Suszenie osadów na poletkach osuszających jest operacją prowadzącą do uzyskania produktów o zawartości wody mniejszej od 55 procent. Osuszanie osadów związane jest z wystąpieniem sił ciężkości i sił kapilarnych. Stwierdzono, że zawartość wody w osadach w miarę posuwania się w dół warstwy osadów, zwiększa się wskutek działania siły ciężkości.

W procesie suszenia osadów na poletkach można wyróżnić dwa okresy:

- W pierwszym cała powierzchnia osadów jest zwilżona cieczą pomimo pewnego spadku wilgotności; okres ten kończy się po osiągnięciu wilgotności krytycznej, przy której część powierzchni osadów pozbawiona jest cieczy
- Druga faza suszenia przebiega z coraz mniejszą szybkością i po osiągnięciu następnego punktu krytycznego prowadzi do przerwania ciągłości powierzchni wody pokrywającej osady [5].

W przypadku dużych stacji wodociągowych suszenie osadów na poletkach jest operacją nieopłacalną ze względu na wymaganą znaczną powierzchnię terenu.

Ocena podatności osadów na odwadnianie

Przepływ cieczy przez warstwy porowate, takie jak przegrody filtracyjne (sączki, tkaniny) oraz warstwy osadów, złoża piaskowe, jest określony przez szereg czynników. Istotne znaczenie ma kształt ziaren (względnie układ osnowy i wątku w tkaninach), kształt kanalików w przegrodzie filtracyjnej, porowatość i ściśliwość warstwy odwadnianego osadu, przepuszczalność przegrody, opór właściwy osadu i opór właściwy przegrody [3].

Dużym postępem w dziedzinie odwadniania osadów ściekowych było rozwinięcie podstaw teorii filtracji i wprowadzenie pojęcia oporności właściwej osadu [1, 3, 4, 6, 7]. Ilość filtratu dV w jednostce czasu dt jest wprost proporcjonalna do różnicy ciśnień "P" z obu stron przegrody filtracyjnej i wielkości powierzchni filtrowania "A" oraz odwrotnie proporcjonalna do lepkości filtratu "η", oporu właściwego "R" i ilości substancji stałych na jednostkę objętości filtratu "ρ":

$$\frac{dV}{dt} = \frac{PA^2}{R\rho\ V\eta + R_m A} \qquad (1)$$

Podana we wzorze (1) wartość "R_m" oznacza opór początkowy tkaniny filtracyjnej. W praktyce opór ten może być pominięty, gdyż jego wartość w porównaniu z oporem osadu jest mała [1, 3].

Po scałkowaniu równania (1) i przegrupowaniu parametrów można obliczyć opór właściwy osadu:

$$R = \frac{2a \cdot PA^2}{\eta \varrho}, \quad s^2 \cdot g^{-1}, \tag{2}$$

gdzie:

P – ciśnienie filtracji, $N \cdot m^{-2}$
A – powierzchnia filtrowania, cm^2
η – lepkość dynamiczna filtratu, $N \cdot s \cdot m^{-2}$
ϱ – stężenie substancji stałych na jednostkę filtratu, $g \cdot cm^{-3}$
a – nachylenie prostej wykreślonej w układzie współrzędnych $\Delta \frac{\tau}{\vartheta}$, $s \cdot cm^{-3}$ i $\Delta \vartheta$, cm^3

$$a = \frac{\Delta \frac{\tau}{\vartheta}}{\Delta \vartheta}, \quad s \cdot cm^{-6} \tag{3}$$

Stężenie substancji stałych na jednostkę filtratu można obliczyć z równania:

$$\varrho = \frac{1}{\frac{W_o}{100-W_o} - \frac{W_e}{100-W_e}}, \quad g \cdot cm^{-3}, \tag{4}$$

gdzie:

W_o – uwodnienie początkowe osadu, procent
W_e – uwodnienie końcowe osadu, procent

Opór właściwy osadu określa jego zdolność do filtracji. Pojęcie to zostało wprowadzone w badaniach odwadnialności osadów ściekowych; wydaje się jednak, że można je również zastosować dla osadów pokoagulacyjnych, chociaż istnieje zasadnicza różnica dotycząca składu samych osadów.

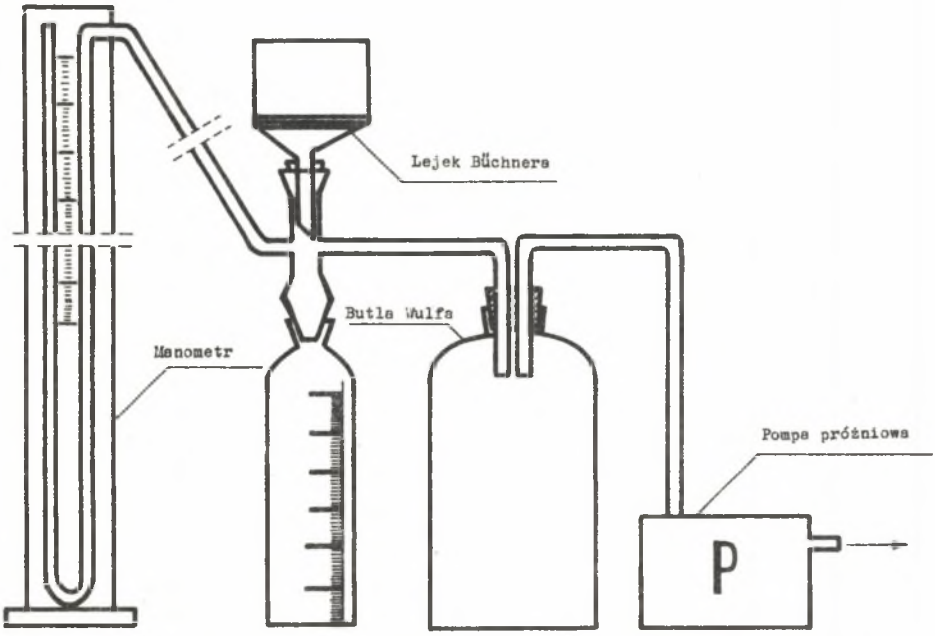
Badania współczynnika oporności filtracji mogą być przydatne do prób odwadniania osadów nie tylko w filtrach próżniowych i prasach filtracyjnych, lecz także mogą udzielić pewnych wskazówek odnośnie zachowania się tych osadów podczas odwirowywania. Odwirowanie polega bowiem również na zatrzymaniu cząstek stałych na określonych przegrodach. Pomiary oporności filtracji osadu umożliwiają przeprowadzenie charakterystyki ich odwadniania i dają możliwość porównania osadów uzyskanych podczas koagulacji przy zastosowaniu różnych reagentów i reżimów technologicznych.

2. Część doświadczalna

Metodyka badań

Metodyka badań oporności filtracji

Badania modelowe filtracyjności osadów wykonywano w warunkach laboratoryjnych stosując odpowiedni zestaw urządzeń, który po raz pierwszy został użyty przez COACKLEY'a i JONESa [7, 8]. Zaletą zastosowanej metody pomiarów oporności filtracji jest nieskomplikowana i dogodna w obsłudze aparatura nie wymagająca dostarczenia dużej ilości osadów pokoagulacyjnych, a uzyskane wyniki można łatwo przetransportować na skalę techniczną przy pomocy prostych równań filtracji [1]. Zestaw do badań procesu filtracji próżniowej przedstawiono schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. Zestaw do badania procesu filtracji w skali laboratoryjnej

Urządzenie modelowe składało się z porcelanowego lejka Büchnera o średnicy 5,9 mm, wyposażonego w drucianą siatkę, na której układano materiał filtracyjny; filtrat zbierano w cylindrze miarowym. Lejek i cylinder połączony był poprzez nasadkę i boczne odgałęzienie z pompą próżniową. Zastosowany w układzie rozdzielacz pozwalał na zatrzymanie pierwszego strumienia filtratu w niemiarowym zbiorniku oraz gromadzenie następnych porcji filtratu w cylindrze miarowym.

Podczas przeprowadzonych badań postępowano w następujący sposób: do lejka Büchnera wprowadzano 100 cm^3 badanego osadu, włączano pompę próżniową i po odrzuceniu pierwszej mętnej porcji filtratu, w odstępach 60 sekundowych notowano objętość filtratu gromadzącego się w cylindrze miarowym. Proces kontynuowano do praktycznego ustania filtracji. Wielkość zastosowanego podciśnienia była rzędu: $2,7 \cdot 10^4$; $4,0 \cdot 10^4$ i $5,3 \cdot 10^4$ $N \cdot m^{-2}$.

Wytwarzanie osadów pokoagulacyjnych

Potrzebne do badań osady pokoagulacyjne uzyskiwano w instalacji ułamkowo-technicznej pracującej metodą ciągłą. Woda surowa poddawana procesowi koagulacji w tym układzie cechowała się barwą rzędu 80 $mgPt/dm^3$, mętnością - 90 $mgSiO_2/dm^3$ oraz utlenialnością - 15 mgO_2/dm^3. Wodę podawano do zbiornika wyrównawczego o pojemności 50 dm^3. Rotametr umieszczony pod komorą szybkiego mieszania pozwalał na regulację przepływu wody.

Regenty dozowano do komory szybkiego mieszania, którą stanowił zbiornik o pojemności 1,0 dm^3. Następnie wodę wraz z reagentami kierowano od dołu do flokulatora o pojemności 50 dm^3, którego ustawienie pozwalało na zmianę czasu flokulacji od 10 do 60 minut. Z komory wolnego mieszania woda wraz z wytworzonymi kłaczkami, przepływała do modelowego osadnika typu pionowego. Prędkość przepływu wody w osadniku, zależnie od charakterystyki opadalności zawiesiny zmieniano od 0,1 do 0,2 $mm \cdot s^{-1}$. Wodę sklarowaną kierowano na złoże filtracyjne o wysokości 1,2 m i średnicy 10 cm. Omawiany układ zaprojektowany i wykonany w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska [9] przedstawiono na rys. 2.

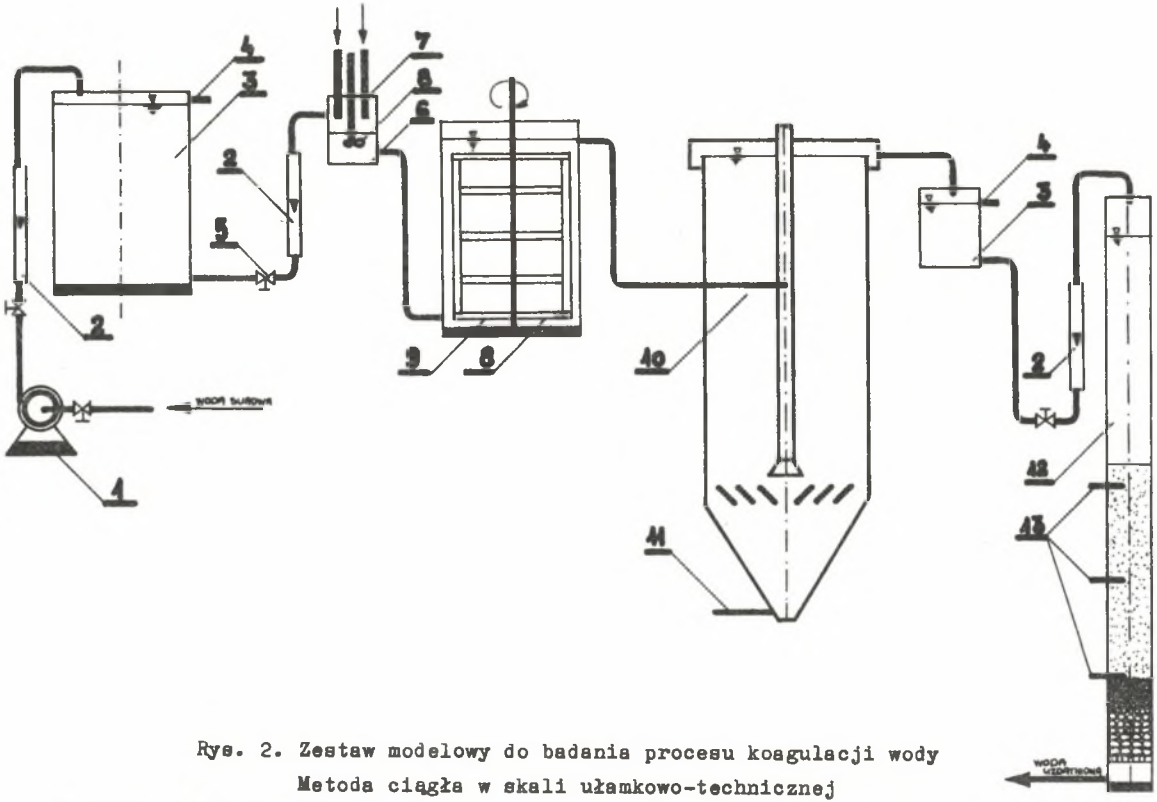
Osady pobrane z części osadowej modelowego osadnika poddawano wielogodzinnemu zagęszczaniu, a po zlewarowaniu wody nadosadowej używano do badań oporności filtracji.

Przebieg i wyniki badań

Badania laboratoryjne dotyczące filtracyjności prowadzono dla kilku rodzajów osadów pokoagulacyjnych:

- osadu uzyskanego podczas koagulacji samym siarczanem glinu,
- osadu powstałego podczas koagulacji siarczanem glinu z dodatkiem krzemionki aktywnej,
- osadu uzyskanego w wyniku koagulacji wody siarczanem glinu z dodatkiem wapna i krzemionki aktywnej,
- osadu uzyskanego podczas koagulacji siarczanem glinu z dodatkiem Gigtaru.

Celem pierwszej serii doświadczeń było dokonanie wyboru materiału filtracyjnego przydatnego do dalszych badań. Osady uzyskane podczas koagulacji wody samym siarczanem glinu oraz z dodatkiem wapna i krzemionki aktywnej filtrowano przez tkaniny filtracyjne ET-16I, ET-16II, ET-5, BT-103 i sączek typu TGL9935 no 390 wyprodukowany przez VEB Spezialpapierfabrik Niederschlag.



Rys. 2. Zestaw modelowy do badania procesu koagulacji wody

Metoda ciągła w skali ułamkowo-technicznej

1. Pompa. 2. Rotametr. 3. Zbiornik wyrównawczy. 4. Przelew. 5. Zawór. 6. Komora szybkiego mieszania. 7. Doprowadzenie reagentów. 8. Mieszadło. 9. Komora wolnego mieszania. 10. Osadnik. 11. Odprowadzenie osadu. 12. Filtr piaskowy. 13. Króćce do poboru prób.

Niezależnie od rodzaju osadu pomiary prowadzono przez okres 25 minut. Stwierdzono, że na początku procesu przepływ filtratu odbywał się z dużą szybkością i w niektórych pomiarach przesącz był mętny. W miarę tworzenia się placka osadu na lejku, przesącz stawał się klarowny, lecz równocześnie malała wydajność procesu.

Na podstawie notowanych w odstępach 60 sekundowych objętości gromadzonego filtratu sporządzono wykres funkcji $f(V) = \frac{\tau}{V}$; nachylenie tej prostej w układzie współrzędnych pozwalało na wyznaczenie współczynnika "a" podanego we wzorze (2) i (3) w teoretycznej części pracy. Przykład graficznego wyznaczenia współczynnika "a" przedstawiono na rys. 3. Wykres ten sporządzono dla osadu pokoagulacyjnego otrzymanego w wyniku koagulacji wody siarczanem glinu w ilości 15 mg $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O/dm^3$ z dodatkiem Gigtaru - 0,5 mg/dm^3.

$A = 24,4\ cm^2$

$A^2 = 750\ cm^4$

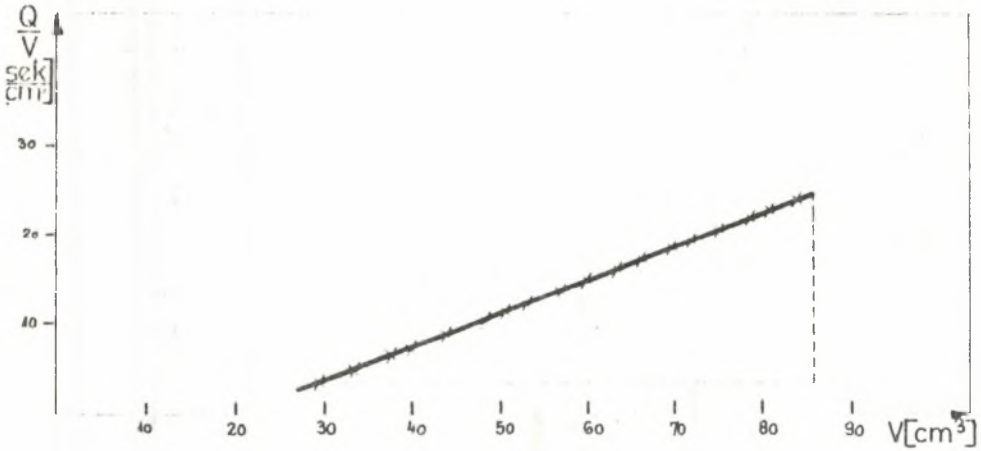
$P = 300$ mm sł Hg $= 408\ G/cm^2$

$b = \frac{42}{110} = 0,3817$

$c = 0,0061\ G/cm^3$

uwodnienie osadu 99,4%

uwodnienie placka 80,5%



Rys. 3. Graficzne wyznaczenie współczynnika b prób przy podciśnieniu

Tabela 1

Wyniki badań odwadnialności osadów pokoagulacyjnych w procesie filtracji próżniowej z zastosowaniem różnych materiałów filtracyjnych

Parametry procesu:

podciśnienie – $4 \cdot 10^4$ $N \cdot m^{-2}$

czas filtracji – 25 minut

powierzchnia filtracyjna – 27,5 cm^2

Osad powstały w wyniku koagulacji wody następującymi reagentami			Materiał filtracyjny	Uwodnienie osadu, procent wody	Uwodnienie placka, procent wody	Oporność filtracji $s^2 \cdot g^{-1}$	Uwagi
siarczan glinu mg/dm^3	krzemionka aktywna mg/dm^3	wapno mg/dm^3					
45,0	-	-	papier filtracyjny TGL9935 no 390	99,42	90,90	$1,55 \cdot 10^{10}$	filtrat klarowny
			tkanina filtracyjna BT-103	99,42	83,20	$1,08 \cdot 10^{10}$	placek osadu zwarty
			tkanina filtracyjna BT-16I	99,42	-	-	filtrat mętny, barwny, brak placka osadu, materiał filtracyjny nieprzydatny
			tkanina filtracyjna BT-16II	99,42	-	-	
			tkanina filtracyjna BT-5	99,42	-	-	
20,0	5,0	5,0	papier filtracyjny TGL9935 no 390	99,00	68,40	$1,48 \cdot 10^{10}$	filtrat klarowny placek osadu zwarty
			tkanina filtracyjna BT-103	99,00	65,40	$1,37 \cdot 10^{10}$	

Tabela 2

Wyniki badań odwadnialności osadów pokoagulacyjnych uzyskanych w procesie koagulacji wody przy zastosowaniu różnych reagentów

Parametry procesu:

czas filtracji - 25 minut

powierzchnia filtracyjna - 27,5 cm^2

tkanina filtracyjna - BT-103

Osad powstały w wyniku koagulacji wody następującymi reagentami				Stosowane podciśnienie $N \cdot m^{-2}$	Uwodnienie osadu procent wody	Uwodnienie placka procent wody	Oporność filtracji $s^2 \cdot g^{-1}$
siarczan glinu mg/dm^3	krzemionka aktywna mg/dm^3	wapno mg/dm^3	Gigtan mg/dm^3				
35,0	-	-	-	$2,7 \cdot 10^4$	98,9	77,9	$0,978 \cdot 10^{10}$
				$4,0 \cdot 10^4$	98,9	75,2	$1,107 \cdot 10^{10}$
				$5,3 \cdot 10^4$	98,9	74,5	$1,107 \cdot 10^{10}$
20,0	3,5	-	-	$2,7 \cdot 10^4$	98,8	79,9	$0,772 \cdot 10^{10}$
				$4,0 \cdot 10^4$	98,8	79,8	$0,928 \cdot 10^{10}$
				$5,3 \cdot 10^4$	98,8	77,2	$1,014 \cdot 10^{10}$
15,0	3,5	10,0	-	$2,7 \cdot 10^4$	98,5	74,5	$0,834 \cdot 10^{10}$
				$4,0 \cdot 10^4$	98,5	74,0	$1,237 \cdot 10^{10}$
				$5,3 \cdot 10^4$	98,5	74,5	$1,410 \cdot 10^{10}$
15,0	-	-	0,5	$2,7 \cdot 10^4$	99,4	79,1	$0,303 \cdot 10^{10}$
				$4,0 \cdot 10^4$	99,4	80,5	$0,314 \cdot 10^{10}$
				$5,3 \cdot 10^4$	99,4	80,0	$0,378 \cdot 10^{10}$

Znając powierzchnię lejka "A", ciśnienie filtracji "P" - mierzone za pomocą manometru rtęciowego, lepkość osadu "η" - oznaczoną przy użyciu wiskozymetru Hoepplera oraz początkowe uwodnienie osadu i uwodnienie placka filtracyjnego, oporność filtracji dla każdego konkretnego przypadku obliczono według wzoru (2). Wyniki badań uzyskane dla różnych materiałów filtracyjnych przedstawiono w tabeli 1. Podane wartości stanowią wyniki średnie z trzech serii pomiarowych.

Uwzględniając wyniki prób celem których było przebadanie materiałów filtracyjnych, w dalszych doświadczeniach osady filtrowano przez tkaninę BT-103. Przy użyciu tej tkaniny wykonano serię prób dla tej samej wody surowej poddawanej koagulacji czterema różnymi kombinacjami reagentów.

Podstawowym parametrem zmiennym w tym procesie, obok zastosowanych reagentów, była wielkość podciśnienia. Zakres badań oraz ich wyniki ujęto w tabeli II.

3. Omówienie wyników

Przeprowadzone doświadczenia wykazały pełną przydatność opisanej w literaturze metody badania osadów ściekowych do odwadniania osadów pokoagulacyjnych. Prosty zestaw do filtracyjności wymagający pompy próżniowej oraz manometru rtęciowego jest łatwy do uzyskania w każdym laboratorium. Przedstawiony model (rys. 1) pozwala na badania różnych osadów pokoagulacyjnych, przy zastosowaniu wszelkich materiałów filtracyjnych i przy dowolnej regulacji wymaganego podciśnienia.

Badania laboratoryjne dostarczyły informacji na temat przydatności wybranych przegród filtracyjnych do odwodnienia osadów (tabela 1). Z czterech przebadanych tkanin filtracyjnych, trzy nie nadawały się do filtracji badanych osadów.

Dotyczy to tkanin ET-16I, ET-16II oraz ET-5. Przy podciśnieniu $4,0 \cdot 10^4$ $N \cdot m^{-2}$ tkaniny przepuszczały prawie cały osad; nie wytwarzał się placek filtracyjny. Zadowalające wyniki uzyskano natomiast na tkaninie BT-103. Przy stosunkowo małych opornościach filtracji uzyskiwano wysoki stopień odwodnienia osadu. Współczynnik oporności filtracji dla osadu wytworzonego podczas koagulacji samym siarczanem glinu wynosił $1,08 \cdot 10^{10}$ $s^2 \cdot g^{-1}$, a jego uwodnienie zmalało z 99,4 do 83,2 procent. Oporność filtracji dla osadu po koagulacji siarczanem glinu z dodatkiem wapna i krzemionki aktywnej wynosiła $1,37 \cdot 10^{10}$ $s^2 \cdot g^{-1}$, natomiast uwodnienie zmniejszyło się z 99,0 do 65,0 procent, co odpowiada 35-krotnemu zmniejszeniu objętości osadu (tabela I). Uzyskane w tych warunkach placki filtracyjne były zwarte i łatwe do oddzielenia od tkaniny filtracyjnej.

W następnej serii badań stwierdzono, że zmiana wielkości zastosowanego podciśnienia w zakresie od $2,7 \cdot 10^4$ do $5,3 \cdot 10^4$ $N \cdot m^{-2}$ nie wpływa w sposób istotny na uwodnienie placka filtracyjnego (tabela II). Można natomiast zauważyć wpływ tego parametru na filtracyjność osadu. Ze wzrostem wielkoś-

ci podciśnienia obserwowano skrócenie czasu filtracji przy równoczesnym wzroście oporności filtracyjnej osadu. Stwierdzono również, że przy podciśnieniu rzędu $5,3.10^4$ $N.m^{-2}$ tkanina filtracyjna nie zatrzymuje osadu aż do chwili wytworzenia się placka o odpowiedniej grubości. Można więc wnioskować, że dla badanych osadów korzystne jest stosowanie podciśnienia w zakresie $2,5.10^4$ do 4.10^4 $N.m^{-2}$, z uwagi na jakość uzyskiwanego filtratu.

Przeprowadzone badania wykazały wyraźny wpływ rodzaju reagentów stosowanych w procesie koagulacji na wielkość oporności filtracji uzyskanych osadów (tabela 2). Dla wody koagulowanej samym siarczanem glinu współczynnik oporności filtracji zawarty był w granicach od $0,978.10^{10}$ do $1,170.10^{10}$ $s^2.g^{-1}$, dodatek krzemionki aktywnej wpływał na obniżenie tej wielkości od $0,772.10^{10}$ do $1,014.10^{10}$ $s^2.g^{-1}$.

Podczas koagulacji wody z równoczesnym dozowaniem wapna i krzemionki aktywnej obserwowano wzrost oporności filtracji powstałych osadów. Ciekawe wyniki uzyskano przy zastosowaniu Gigtaru. Stwierdzono, że dodatek tego flokulanta pozwala na trzykrotne zmniejszenie współczynnika oporności filtracji (tabela 2).

Reasumując należy podkreślić, że oporność filtracji osadów pokoagulacyjnych w dużym stopniu zależy od składu osadu, który jest warunkowany zanieczyszczeniami wody, jak również rodzajem reagentów stosowanych w procesie koagulacji. Dodatek flokulantów pozwala na zmniejszenie współczynnika oporności filtracji, przy czym zastosowanie krzemionki aktywnej w sposób nieznaczny wpływa na jego wielkość, natomiast użyty polielektrolit - Gigtar pozwala na znaczne obniżenie tej wartości. Przedstawione badania są kontynuowane a ich zakres obejmie również inne flokulanty produkcji krajowej.

4. Wnioski

1. Opisana w literaturze metoda pomiaru filtracyjności osadów ściekowych może być zaadaptowana do badań odwadnialności osadów pokoagulacyjnych.
2. Na przebieg procesu odwadniania osadów pokoagulacyjnych decydujący wpływ wywiera właściwy dobór przegrody filtracyjnej.
3. Współczynnik oporności filtracji zależy od stosowanego podciśnienia; ze wzrostem podciśnienia rośnie oporność filtracji.
4. Znaczny wpływ na oporność filtracji posiada rodzaj stosowanych do koagulacji reagentów.
5. Dodatek do wody obok koagulanta podstawowego, substancji flokujących wyraźnie obniża współczynnik oporności filtracyjnej osadów.

LITERATURA

[1] Leszczyński S.: Filtracja w przemyśle - Wyd. NT W-wa (1972).

[2] Zakrzewski J., Żabowski J.: Gospodarcze wykorzystanie ścieków miejskich - Arkady, W-wa (1963).

[3] Cywiński Bż, Gdula S., Kempa E., Kurbiel J., Płoszański H.: Oczyszczanie ścieków miejskich - Arkady, W-wa (1972).

[4] Żero W.: Filtracja w przemyśle spożywczym - PWT W-wa (1957).

[5] Ciborowski J.: Podstawy inżynierii chemicznej - WNT, W-wa (1965).

[6] Praca zbiorowa: "Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes - Edit. Mc CABE J. and ECKENFELDER W.W. New York (1958).

[7] Swanwick J.D., Lussignea T.W.: Recent Werk of the Treatment and Dewatering of Sewage Sludges- International Conference on Water Pollution Research, London (1962).

[8] Swanwick J.W., Lussignea F.W., White K.J.: The Measurement of specific Resistance to Filtration and its Application in Studies of Sludge Dewatering - Water Pollution Research Laboratory, Sevenage (1961).

[9] Piegsa J., Sawiniak W., Sobczyk M.: Uwagi dotyczące metodyki ustalania wytycznych technologicznych dla procesów uzdatniania wody - Mat. Konf. "Problemy ochrony wód i oczyszczania ścieków", Katowice, czerwiec (1973).

ВЛИЯНИЕ ФЛОКУЛЕНТОВ НА ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ПОКОАГУЛЯЦИОННЫХ ОСАДКОВ

Р е з ю м е

На больших водопроводных станциях, применяющих процесс коагуляции, существенной проблемой является ликвидирование значительного количества покоагуляционных осадков. При подборе метода обезвоживания этих осадков, а также во время контроля процесса, существенным является принять скорый и сравнительный способ оценки обезвоживаемости. Особое значение имеет эта проблема в настоящее время, когда применяемые все шире современные вспомогательные средства влияют не только на интенсификацию коагуляции но также ярко меняют свойства покоагуляционного осадка. Это заставило поднять исследования в следующих направлениях:

- адаптации метода измерения сопротивления широко применяемой фильтрации при оценке обезвоживания осадков сточных вод для характеристики покоагуляционных осадков,
- определения влияния различных комбинаций реагентов,применяемых в процессе коагуляции на степень обезвоживания образующихся осадков, с особым учетом прибавки флокулирующих веществ.

Исследования проводились в дроб-техническом и лабораторном масштабах. В процессе коагуляции применялся сульфат алюминия, известь, активный кремнезем, а также Гигтар. Полученные результаты дали возможность убедиться в том что:

- известный метод измерения сопротивления фильтрации осадков сточных вод может применяться для исследований обезвоживания покоагуляционных осадков
- решающее влияние на качество измерения сопротивления фильтрации имеет соответствующий подбор фильтрационной перегородки. Для коагуляционных осадков полезной оказалась фильтрационная ткань ВТ-103,
- значительное влияние на сопротивление фильтрации покоагуляционных осадков имеет вид применяемых для коагуляции реагентов,
- применение во время коагуляции, кроме основного коагулента, флокирующих веществ ярко уменьшает коэффициент сопротивления фильтрации покоагуляционных осадков.

THE EFFECT OF FLOCCULENTS ON THE AFTERCOAGULATIONAL SLUDGE DEWATERING

S u m m a r y

The extermination of big quantities of the aftercoagulation sludge is an important problem in big water line stations, which use the coagulation process. It is important to take on a quich and comparable method of the dewatering estimation simultaneously to the selection of a method for dewatering this sludge as well as during checking the process. The provlem is getting specially important now, when the wider and wider applied modern succouring media effect not only on the intensification of coagulation, but they also distinctly change the aftercoagulation sludge qualities.

It determined some investigations on:

- an adaptation of a method of filtration resistance measurement used commonly for the estimation of dewatering the waste water sludge for the aftercoagulation sludge characteristincs,
- ascertaining the effect of different combinations of the reacting substances used in the coagulation process on the degree of dewatering of the appearing sludge with special regard to the flocculating agents added.

The investigations were done in fractionally-commercial, and laboratory scales. In the coagulation process there were applied: aluminium sulphate, active silica and Gigtar.

The obtained results permited to say, that:

- the known method of measurements of the waste water sludge filtration resistance can be applied for testing the aftercoagulation sludge dewatering,
- the right selection of the filter division has a decisive effect on the quantity of the filtrations resistance measurements.
  The filter cloth BT-103 proved to be of profit for the aftercoagulation sludge,
- the sort of reagents applied in the coagulation has a considerable effect on the after-coagulation sludge filtration resistance,
- applying flocculating agents together with the basic coagulant in coagulation distictly lowers the coefficient of the aftercoagulational sludge filtration resistance.