

ZASTOSOWANIE NIEORGANICZNYCH KOAGULANTÓW I POLIELEKTROLITÓW DO PREPAROWANYCH NADŹWIĘKAWIANYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Beata Bień¹, Jurand D. Bień¹

¹ Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Politechnika Częstochowska, ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa, e-mail: bmat@is.pcz.czyst.pl

STRESZCZENIE

Badania dotyczyły wpływu nieorganicznych koagulantów i polielektrolitów oraz łącznego działania tych dwóch związków na nadźwiękawiane, przefermentowane osady. Do kondycjonowania osadów wykorzystano: koagulant PIX 123 oraz polielektrolit Zetag 8160. Dla niepreparowanych i preparowanych osadów wykonano następujące badania: czas ssania kapilarnego, filtrację próżniową, obserwacje struktury oraz pomiar zawiesiny i ChZT w wodzie nadosadowej. Na podstawie testu CSK dobrano dawki PIX-u 123 oraz dawki polielektrolitu. Badania wykazały, że zastosowanie oddzielne PIX-u 123 i Zetagu 8160 oraz łącznego ich działania powoduje spadek wartości CSK, poprawia parametry opisujące proces filtracji próżniowej oraz wykorzystanie PIX-u 123 łącznie ze stałą dawką Zetagu 8160 zmniejsza zawartość zawiesiny i ChZT w wodach nadosadowych.

Słowa kluczowe: koagulanty, polielektrolity, kondycjonowanie, osady ściekowe.

APPLICATION OF INORGANIC COAGULANTS AND POLYELECTROLYTES ON SONICATED DIGESTED SEWAGE SLUDGE

ABSTRACT

The study focused on the effects of inorganic coagulants and polyelectrolytes use and its both impact on sonicated digested sewage sludge. For sludge conditioning coagulant PIX 123 and polyelectrolyte Zetag 8160 were used. For untreated and prepared sludges the following tests were done: capillary suction time, vacuum filtration, structure observation and measurement of the suspension and COD in supernatant sludge. On the basis of the CST tests doses of PIX 123 and a dose of Zetag 8160 were chosen. The results have shown that the use of PIX 123 and Zetag 8160 and their combination causes a decrease in the value of CST, improves parameters of vacuum filtration. The usage of PIX 123 together with a fixed dose of Zetag 8160 reduces suspended solids and COD in the supernatant sludge.

Keywords: coagulants, polyelectrolytes, conditioning, sewage sludge.

WPROWADZENIE

Jedną z nowych technologii, która może być obecnie stosowana w procesach przeróbki osadów powstających w procesie oczyszczania ścieków jest dezintegracja osadów (przede wszystkim jako istotny czynnik poprawiający efektywność procesu stabilizacji) [1–5]. W osadach dezintegrowanych następuje rozdrobnienie cząstek fazy stałej i destrukcja błon komórkowych mikroorganizmów z uwalnianiem wnętrza komórek do cieczy osadowej. Powstająca martwa, zdyspergowana materia organiczna łatwo ulega mineralizacji na drodze biochemicznej. Do wad wynikających z zastosowania dezintegracji zalicza się problemy związane z uwalnianiem związków biogenych z przefermentowanych osadów do odcieków podczas ich odwadniania. Problem odwadniania wzrastającej ilości osadów ściekowych, które stanowią 1-3% ogólnej objętości i ponad połowę całego ładunku zanieczyszczeń dopływających do oczyszczalni ścieków jest nadal kwestią bardzo ważną. Osady ściekowe zawierają cząstki mineralne i organiczne, zarówno frakcji koloidalnych, podkoloidalnych jak i drobno dyspersyjnych oraz makrocząsteczki. Cząstki ilaste, makrocząstki, wodorotlenki, jak również emulsje są chemicznie aktywne. Różne kształty tych cząstek (m.in. blaszki, nitki, igły), wpływają na zintensyfikowanie zjawisk powierzchniowych, a bardzo małe ich wymiary powodują wystąpienie sił fizykochemicznych na granicy faz. Odwadnianie osadów o dużym udziale biomasy lub osadów o dużej procentowo zawartości frakcji koloidalnej i drobnej zawiesiny (nadźwiewkowane osady – ultradźwiewkowe rozbitcie kłaczków osadów powoduje powstanie drobnej zawiesiny), które powodują m.in. zatykanie tkanin filtracyjnych i wzrost oporu filtracji, nie przynosi dobrych efektów technologicznych i ekonomicznych. Zatem istnieje grupa osadów, dla których zastosowanie tylko polimerów do kondycjonowania nie przynosi do końca satysfakcjonujących efektów. Celem poprawy stopnia odwadniania takich osadów i nadźwiewkowanych może być wykorzystanie podstawowych zalet koagulantów i polimerów, a więc łączne ich stosowanie w odpowiednich proporcjach i warunkach [6]. W publikacji przedstawiono badania dotyczące możliwości wykorzystania nieorganicznych koagulantów i polimerów do kondycjonowania nienadźwiewkowanych i nadźwiewkowanych osadów ściekowych oraz wpływu kondycjonowania na procesy odwadniania i zmianę wskaźników wód nadosadowych.

METODYKA BADAŃ

Materiały badań

Do badań wykorzystano osady pochodzące z komunalnej oczyszczalni ścieków. Oczyszczalnia ścieków jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną z usuwaniem związków azotu i fosforu na drodze biologicznej. W skład oczyszczalni wchodzi również obiekt do utylizacji osadów ściekowych na drodze fermentacji metanowej, do mechanicznego odwadniania i suszenia. Analizie poddano osady ściekowe po pro-

cesie stabilizacji w zamkniętych komorach fermentacyjnych. W dalszej części pracy przyjęto następujące oznaczenia: OP – dla osadów przefermentowanych i ON – dla nadźwiękawianych, przefermentowanych osadów.

Przebieg badań

W badaniach do kondycjonowania osadów ściekowych wykorzystano koagulant PIX 123 i polielektrolit Zetag 8160 o charakterze wysoko kationowym. PIX 123 rozcieńczano z wodą w stosunku 1:9. Mieszanie osadów z koagulantem prowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie prowadzono szybkie mieszanie trwające 60 s mające na celu wymieszanie całej objętości osadów z dodanym koagulantem. Natomiast w drugim etapie mieszanie wolne trwające 30 minut zapewniało powstanie kłaczków, które tworzyły większe aglomeraty. Polielektrolit stosowano w postaci rozcieńczonego roztworu 0,1%.

Nadźwiękawianie osadów ściekowych prowadzono w warunkach statycznych, w stałej objętości próbki wynoszącej 300 ml. Do nadźwiękawiania prób zastosowano mikroprocesorowy dezintegrator ultradźwiękowy dużej mocy z automatycznym strojeniem Sonics VC750 o częstotliwości 20 kHz i amplitudzie 30,5 μm (co odpowiada amplitudzie równej 50%). Zmienną procesu nadźwiękawiania był czas dezintegracji wynoszący $t = 60, 120, 180$ sekund. Zdolność osadów do oddawania wody mierzono za pomocą parametru CSK. Mechaniczne odwadnianie osadów, czyli: filtrację próżniową prowadzono na stanowisku do laboratoryjnej filtracji próżniowej. Stosowane podciśnienie wynosiło 0,05MPa. Do obserwacji struktury osadów wykorzystano system analizy obrazu Quick Photo Camera zintegrowany z mikroskopem optycznym Olympus BX41. Stopień usunięcia zanieczyszczeń z wód nadosadowych oceniano na podstawie zmiany wartości wskaźników zanieczyszczeń takich, jak zawiesina i ChZT. Wyniki doświadczeń przedstawiono na wykresach w formie średniej arytmetycznej, na którą składały się czterokrotne powtórzenia.

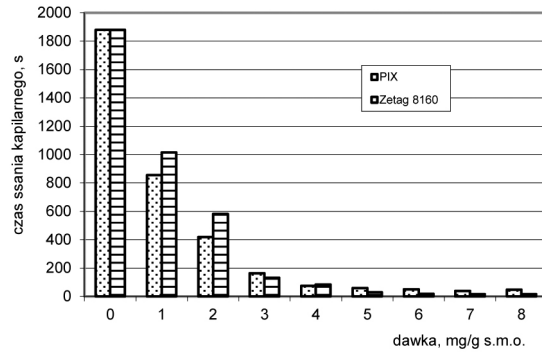
WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Charakterystykę fizyko-chemiczną badanych osadów podano w tabeli 1. Analizując wyniki testu czasu ssania kapilarnego (CSK) stwierdzono, że preparowanie przefermentowanych osadów PIX-em 123 i polielektrolitem Zetag 8160 poprawiło ich zdolność do oddawania wody. Czas ssania kapilarnego niepreparowanych osadów OP wynosił 1878,5 s. Na podstawie analizy danych przedstawionych na rysunku 1 wynika, że czas ssania kapilarnego przefermentowanych osadów zmniejsza się wraz ze wzrostem dawki stosowanego PIX-u 123, czy polielektrolitu Zetag 8160. Istotne zmiany CSK nastąpiły w zakresie dawek 1,0 – 4,0 mg/g s.m.o., większe dawki koagulantów nie spowodowały znacznej poprawy stopnia odwodnienia. Najmniejszą wartość CSK – 15,8 s. uzyskano dla osadów preparowanych Zetagem 8160 w dawce

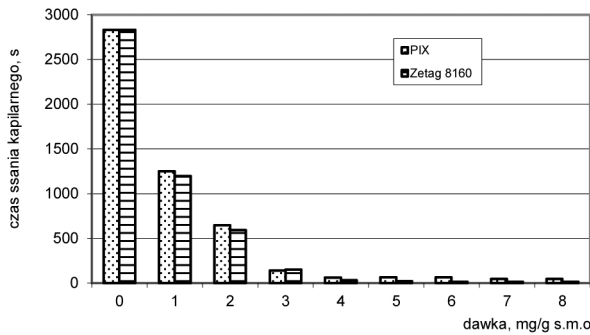
Tabela 1. Fizyko-chemiczna charakterystyka osadów ściekowych
Table 1. Physical and chemical properties of sewage sludge

Oznaczenie	Jednostka	Wartość
Barwa	–	szaro-czarna
Zapach	–	roślinny
pH	–	7,45
Uwodnienie początkowe	%	98
Sucha pozostałość	g/dm ³	20,3
Zawartość związków mineralnych	%	36,1
Zawartość związków organicznych	%	61,9
CSK	s	1878,5

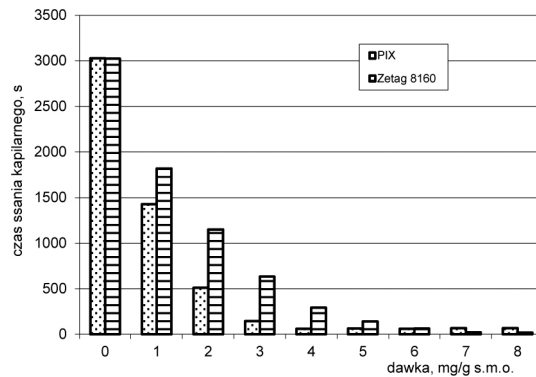
7 mg/g s.m.o., a dla osadów preparowanych PIX-em 123 najmniejszą wartość CSK – 35,3s odnotowano również dla dawki 7 mg/g s.m.o. Preparowanie osadów falami ultradźwiękowymi spowodowało wydłużenie czasu ssania kapilarnego, który mieścił się w zakresie 2832,1 – 3226,7 s. Wpływ dawek koagulantów zarówno PIX-u 123, jak i polielektrolitu Zetag 8160 na nadźwiękawiane osady przez 60 s dał porównywalne efekty pomiaru CSK (rys. 2). Natomiast podczas wydłużania czasu dezintegracji osadów do 180 s zauważono, że czas ssania kapilarnego szybciej obniżał się dla osadów preparowanych PIX-em 123 (rys. 3, 4). Ponadto w przypadku preparowania nadźwiękawianych osadów Zetagem 8160 zauważono, że dla każdej, takiej samej dawki polielektrolitu np. 1,0 mg/g s.m.o. przy wzrastającym czasie nadźwiękawiania następuje także wzrost wartości CSK odpowiednio: 60 – 1197,2 s; 120 – 1817,5 s; 180s – 2438,1s. Nie stwierdzono podobnej zależności dla nadźwiękawianych osadów preparowanych PIX-em 123. Na podstawie wykreślonych krzywych (rys. 1) wybrano do dalszych badań następujące dawki PIX-u 123: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g s.m.o. łącząc je ze stałą dawką polielektrolitu Zetag 8160, która wynosiła 2,0 mg/g s.m.o. Oznaczonymi wskaźnikami określającymi podatność osadów ściekowych na proces odwadniania w procesie filtracji próżniowej były: uwodnienie końcowe, wydajność, prędkość filtracji oraz opór właściwy. Z technologicznego punktu widzenia spośród wyznaczonych wskaźników, jako najważniejszy określa się uwodnienie końcowe płacka filtracyjnego, dlatego zmienność tego parametru wybrano do analizy i przedstawiono na rysunku 5. Uwodnienie końcowe niepreparowanych osadów wynosiło 88,8%. Zmiany uwodnienia końcowego, jakie otrzymano dla osadów wstępnie nadźwiękawianych, a następnie łącznie preparowanych PIX-em 123 i polielektrolitem Zetag 8160 po filtracji próżniowej mieściły się w zakresie 88,2 – 84,3% (rys. 5). Wraz ze wzrostem dawki dla nadźwiękawianych osadów zmniejszała się wartość ich uwodnienia końcowego. Natomiast dla osadów preparowanych samym PIX-em 123 dla dawek 2,0; 3,0; 4,0 mg/g s.m.o. następował wzrost uwodnienia końcowego, a dla dawki 5,0 mg/g s.m.o. jego spadek, ale wszystkie otrzymane wartości uwodnienia końcowego były niższe od uwodnienia końcowego osadu niepreparowanego.



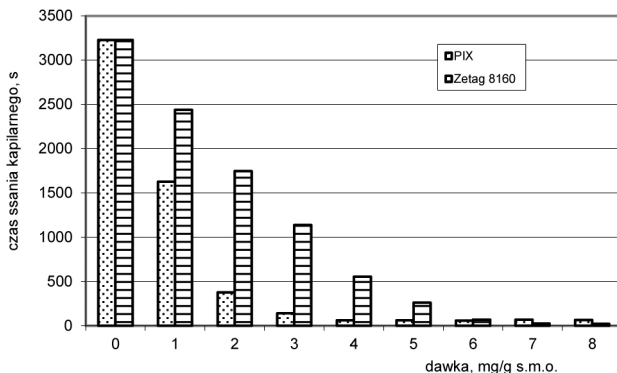
Rys. 1. Wykres zależności dawki PIX-u 123 i polielektrolitu Zetag 7680 od CSK dla osadów OP
 Fig. 1. CST of OP sludge vs dose of PIX 123 and Zetag 7680



Rys. 2. Wykres zależności dawki PIX-u 123 i polielektrolitu Zetag 7680 od CSK dla nadźwiewkawianych osadów przez 60s
 Fig. 2. CST of sludge sonicated within 60s vs dose of PIX 123 and Zeta 7680

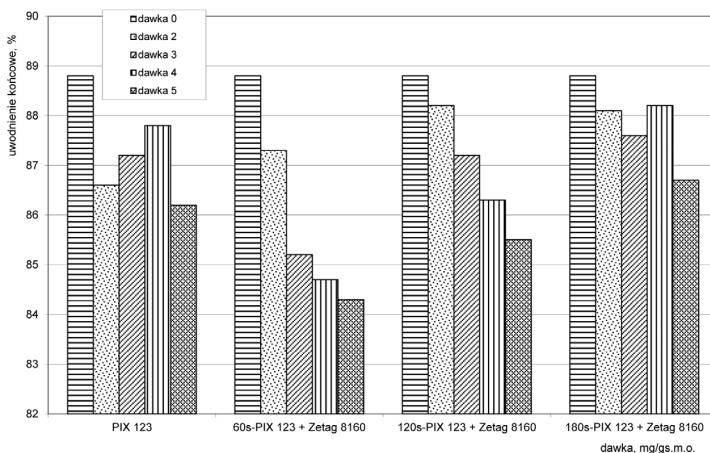


Rys. 3. Wykres zależności dawki PIX-u 123 i polielektrolitu Zetag 7680 od CSK dla nadźwiewkawianych osadów przez 120s
 Fig 3. CST of sludge sonicated within 120s vs dose of PIX 123 and Zeta 7680



Rys. 4. Wykres zależności dawki PIX-u 123 i polielektrolitu Zetag 7680 od CSK dla nadźwiękawianych osadów przez 180s

Fig. 4. CST of sludge sonicated within 180s vs dose of PIX 123 and Zeta 7680



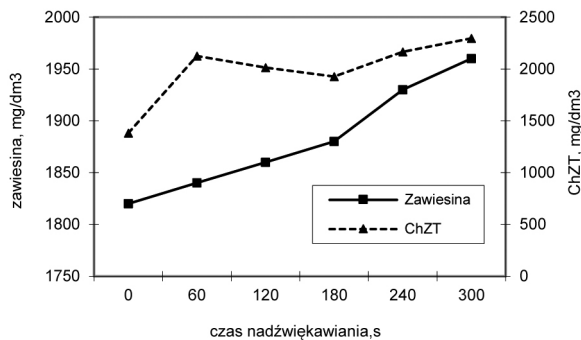
Rys. 5. Zmiany uwodnienia nadźwiękawianych osadów ON preparowanych PIX-em 123 oraz łącznie PIX-em 123 i Zetagem 8160 w procesie filtracji próżniowej

Fig 5. Changes in hydration of ON sludge prepared with PIX-123 and prepared with both PIX-123 and Zetag-8160

Największy spadek uwodnienia końcowego odnotowano dla osadów nadźwiękawianych przez 60 s dla dawki PIX-u 123 równej 5mg/g s.m.o., przy stałej dawce Zetagu 8160 – uwodnienie to wynosiło 84,3%. Najwyższe wartości uwodnienia końcowego uzyskano dla osadów, które poddano tylko sonifikacji. Wydłużenie czasu ekspozycji w polu ultradźwiękowym powodowało wzrost uwodnienia końcowego filtrowanego osadu do wartości 89,6%.

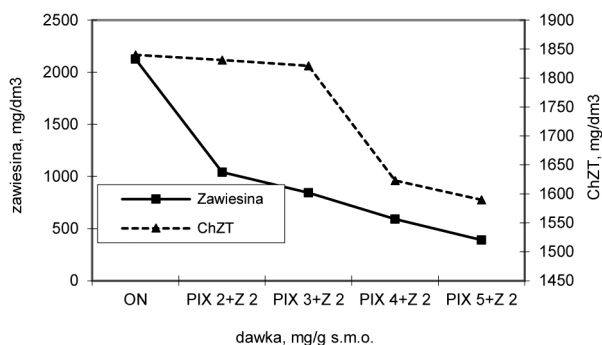
Łączenie chemicznego sposobu kondycjonowania z metodą fizyczną okazało się zadawalającym rozwiązaniem, zmniejszającym objętości odwodnionych osadów komunalnych.

Zastosowanie techniki ultradźwiękowej prowadzi do destrukcji kłaczków osadów i lizy komórek mikroorganizmów, która może prowadzić do rozpuszczania materii organicznej, zmniejszenia wielkości cząstek i unieszkodliwiania mikroorganizmów w osadach. Podczas sonifikacji stopień rozdrobnienia osadów rośnie ze wzrostem czasu oddziaływania ultradźwięków i gęstością mocy. Ultradźwiękowe rozbitcie kłaczków osadu powoduje powstanie drobnej zawiesiny, czego efektem jest pogorszenie klarowności wody i wzrost ChZT (rys. 6). Fala ultradźwiękowa o zadanej amplitudzie $A = 30,5 \mu\text{m}$ powoduje liniowy wzrost wszystkich wielkości wraz z wydłużaniem czasu sonifikacji. Połączone działanie koagulantów nieorganicznych i polielektrolitów pozwoliło na zmniejszenie ilości zawiesin i ChZT w wodach nadosadowych (rys. 7, 8, 9).



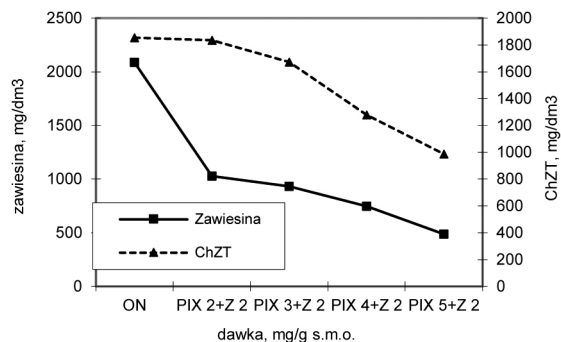
Rys. 6. Zmiany wskaźników wód nadosadowych osadów preparowanych falą ultradźwiękową o amplitudzie $A = 30,5 \mu\text{m}$

Fig. 6. Changes of COD and suspension in supernatant water of sludge prepared with ultrasonic wave of $A = 30.5 \mu\text{m}$



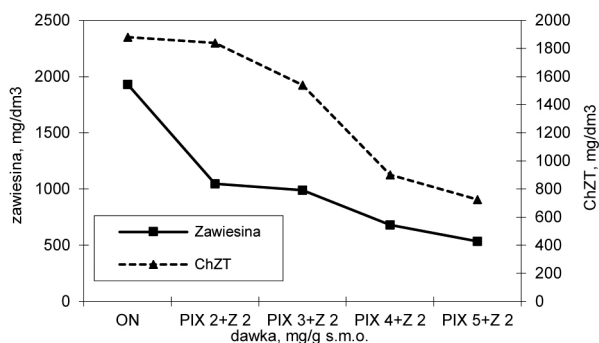
Rys. 7. Zmiany wskaźników wód nadosadowych osadów nadźwiękawianych 60 s, a następnie łącznie preparowanych PIX-em 123 w dawkach: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g s.m.o. i Zetagem 1860 w dawce 2,0 mg/g.s.m.o.

Fig. 7. Changes of COD and suspension in supernatant water of sonicated sludge within 60s and prepared with PIX 123 in dose of 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g and Zetag 1860 in dose of 2,0 mg/g



Rys. 8. Zmiany wskaźników wód nadosadowych osadów nadźwiękawianych 120 s, a następnie łącznie preparowanych PIX-em 123 w dawkach: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g s.m.o. i Zetagem 1860 w dawce 2,0 mg/g s.m.o.

Fig. 8. Changes of COD and suspension in supernatant water of sonicated sludge within 120s and prepared with PIX 123 in dose of 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g and Zetag 1860 in dose of 2,0 mg/g



Rys. 9. Zmiany wskaźników wód nadosadowych nadźwiękawianych 180 s, a następnie łącznie preparowanych PIX-em 123 w dawkach: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g s.m.o. i Zetagem 1860 w dawce 2,0 mg/g s.m.o.

Fig. 9. Changes of COD and suspension in supernatant water of sonicated sludge within 180s and prepared with PIX 123 in dose of 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mg/g and Zetag 1860 in dose of 2,0 mg/g

Obserwacje mikroskopowe struktury kondycjonowanych osadów ściekowych pozwoliły na ocenę zachodzących zmian po ich kondycjonowaniu polem ultradźwiękowym, PIX-em i polielektrolitem. Wykazały, że zarówno czas nadźwiękawiania, jak i dawka PIX-u oraz polielektrolitu wpływają na zmiany w strukturze osadów. Osad poddany działaniu tylko pola ultradźwiękowego miał jednolitą strukturę, która uległa niewielkiemu rozbiciu na mniejsze cząstki. Natomiast w osadach nadźwiękawianych i preparowanych związkami chemicznymi stwierdzono, że wraz ze wzrostem dawki PIX-u 123 i polielektrolitu Zetag 8160 wzrasta wielkość sflokulowanych cząstek. Koagulant skuteczniej niż polielektrolit neutralizuje ładunki elektryczne znajdujące się na powierzchni cząstek osadu i dzięki temu stwarza lepsze warunki do ich łączenia

się między sobą. W przypadku dozowania koagulantu do osadów ściekowych nie jest on z reguły w stanie samodzielnie stworzyć tak dużych i trwałych flokuł, które można by następnie skutecznie oddzielić w procesie zagęszczania i odwadniania. Daje on natomiast znakomite wstępne warunki do uzyskania dużych i silnych kłaczków, poprawy zdolności odwadniających osadu oraz uzyskania klarownego odcieku. Warunkiem niezbędnym jest zastosowanie po koagulancie odpowiedniego polielektrolitu. Polielektrolit sorbuje się na powierzchni cząstek neutralizując ich ładunek i następnie działając jako czynnik mostkujący i sieciujący powoduje powstawanie dużych i trwałych kłaczków.

WNIOSKI

Aby uzyskać dobre efekty odwodnienia stosuje się wstępne kondycjonowanie osadów. W tym celu zastosowano nieorganiczne i organiczne środki chemiczne, a mianowicie PIX 123 oraz polielektrolit Zetag 8160. Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że zarówno dawka, rodzaj zastosowanych środków chemicznych, jak i czas trwania nadźwiękawiania mają wpływ na procesy zachodzące w badanych osadach komunalnych. Uzyskane wyniki badawcze pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zastosowanie PIX-u 123, jak i polielektrolitu Zetag 8160 spowodowało obniżenie wartości podstawowego wskaźnika, określającego stopień odwodnienia osadów, czyli czasu ssania kapilarnego.
2. Zastosowanie tylko fali ultradźwiękowej spowodowało zwiększenie wartości CSK, a tym samym wpłynęło na pogorszenie wyników odwadniania osadów w procesie filtracji próżniowej.
3. Zastosowane dawki chemicznych reagentów (PIX 123, Zetag 8160) wpłynęły na polepszenie większości parametrów odwadniania (uwodnienia końcowego) osadów w procesie filtracji próżniowej.
4. W łączonych metodach kondycjonowania nadźwiękawianych osadów, czyli dawkowania PIX-u 123 i Zetagu 8160 uzyskano spadek zawartości zawiesiny w wodach nadosadowych po procesach odwadniania.
5. Badanie struktury osadów kondycjonowanych różnymi sposobami jest pomocne w celu określenia efektywności ich odwadniania.

LITERATURA

1. Wolski P., Wolny L., Zawieja I.: Kondycjonowanie osadów nadmiernych poddanych stabilizacji, a ich odwadnialność. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 13(1), 2010, 67-77.
2. Bień J.B., Wolny L., Wolski P.: Działanie ultradźwięków i polielektrolitów w procesie odwirowania osadów ściekowych. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 4(1), 2001, 41-50.

3. Wolny L.: Ultradźwiękowe wspomaganie procesu przygotowania osadów ściekowych do odwadniania. Seria Monografie nr 104, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2005.
4. Bień B., Bień J.D.: Tiksotropia struktury osadów w wybranych metodach ich kondycjonowania. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 11(1), 2008, 31-43.
5. Zawieja I., Wolski P.: Effect of Hybrid Method of Excess Sludge Disintegration on the Increase of Their Biodegradability. International Conference Environmental (Bio) Technologies & EU-FP7 Environment Brokerage Event. Proceedings of the Conference. 05-08 September 2011, Gdańsk 2011.
6. Ciborowski M.: Możliwości zastosowania koagulantu PIX w przeróbce osadów ściekowych. *Forum Eksploatatora*, 3(48), 2010, 76-77.