

January BIEŃ, Eugenia KOWALSKA,
Ewa ZIELEWICZ

POLIELEKTROLITY I ULTRADŹWIĘKI W PROCESIE GRAWITACYJNEGO ZAGĘSZCZANIA WYBRANYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Streszczenie. Przeprowadzone badania wykazują pozytywne działanie ultradźwięków i kationowych polielektrolitów w przypadku osadów ze ścieków komunalnych oraz anionoaktywnych związków w przypadku twardych osadów ze ścieków galwanizacyjnych. W artykule przedstawiono interpretację mechanizmu działania fal ultradźwiękowych w zawiesinach wodnych.

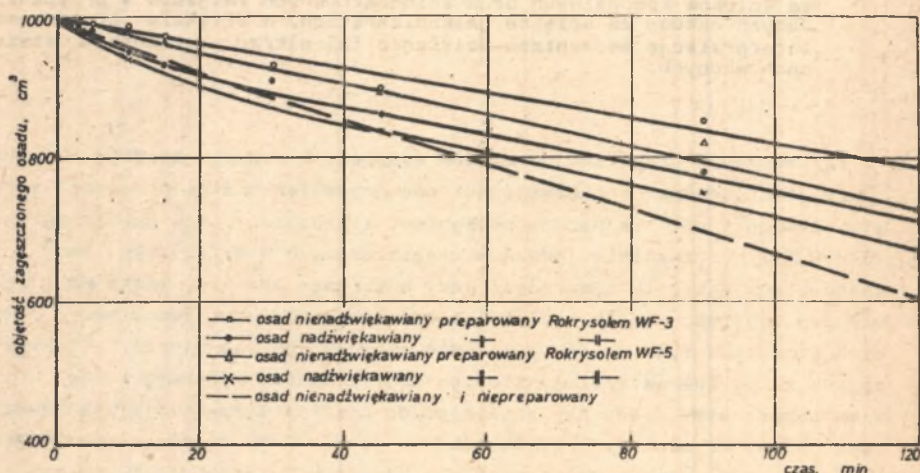
Zagęszczanie grawitacyjne osadów ściekowych o dużym uwodnieniu początkowym jest podstawową operacją wstępną przed ich dalszą przeróbką, jakkolwiek powoduje ono nieznaczne stosunkowo zmniejszenie ich uwodnienia do około 80% [1]. Uzyskanie jednak w zagęszczaczach niewielkiego nawet procentowo zmniejszenia zawartości wody w surowym osadzie wiąże się ze zmniejszeniem objętości osadu, co ma istotne znaczenie praktyczne przy olbrzymich ilościach tych osadów i wysokim stopniu ich uwodnienia. Efektywność zagęszczania charakteryzuje stopień zagęszczania, wyrażający się stosunkiem suchej masy osadu zagęszczonego do niezagęszczonego. Skuteczność procesu zależy od wielu czynników takich, jak: rodzaj osadów i ich początkowe uwodnienie, sposób zagęszczania i konstrukcja urządzeń zagęszczających, stosowanie czynników wspomagających, przyjęte parametry procesów zagęszczania, temperatura i inne.

W pracy niniejszej przedstawiono wpływ polielektrolitów i ultradźwięków na zmianę własności sedymentacyjnych dwóch rodzajów osadów ściekowych o zróżnicowanych własnościach, tj. osadu "mineralnego" z przeszłości metalurgii i "organicznego" z oczyszczalni ścieków komunalnych.

Cześć doświadczalna i wyniki badań

Badania prowadzono w lejach Iahoffa po nadźwiękowaniu osadu w płuczkach ultradźwiękowych przy częstotliwości drgań 20 kHz i mocy wyjściowej generatora 300 W. Optymalny czas nadźwiękowania ustalony doświadczalnie wyniósł 2 minuty. Jako flokulanty zastosowano, produkcji krajowej, Rokrol WF-3 i Rokrysol WF-5 dla osadu mineralnego a także, wytwarzane przez firmę ALLIEC CGLLOTD Manufacturing Company Limited - Anglia, Zetag 63

Zetag 92 do osadu mineralnego i organicznego oraz dla porównania wyników anionoaktywne polielektrolity Magnafloc LT-25 i LT-24. Dawki optymalne tych flokulantów wyznaczono w oparciu o test czasu ssania kapilarnego. Proces zagęszczania osadu mineralnego o zawartości smo 30,3 g/dm³ niepreparowanego i preparowanego Rokrysolem WF-3 i WF-5 przebiegał podobnie (rys. 1). W okresie 2 godzin następowało równomierne zmniejszenie objętości osadu, przy czym osad niepreparowany osiągnął po 2 godzinach objętości 621 cm³ a objętość osadu preparowanego Rokrysolem WF-3 i WF-5 wynosiła po tym samym czasie zagęszczania odpowiednio 800 i 710 cm³. Stosowano dawki od 2 do 15 mg/g smo.

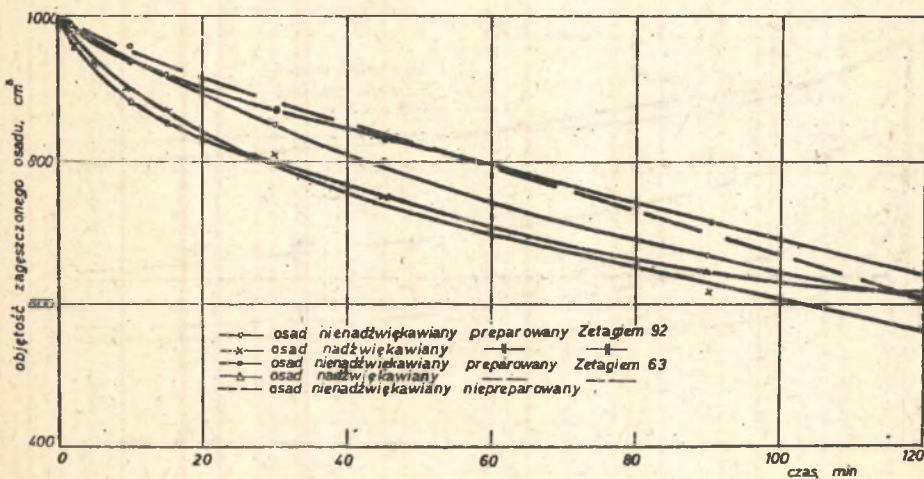


Rys. 1. Krzywe zagęszczania w leju Imhoffa osadu mineralnego preparowanego Rokrysolem WF-3, dawką 5,0 mg/g smo i Rokrysolem WF-5, dawką 15,0 mg/g smo

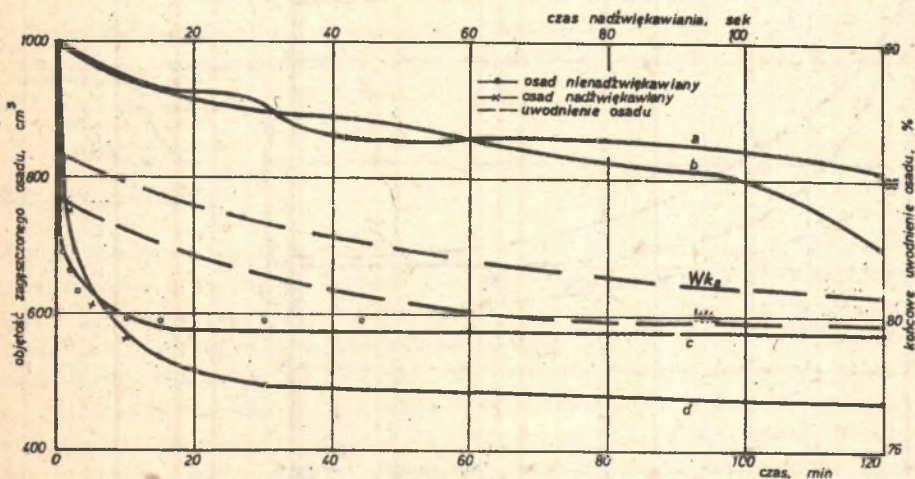
Próby zagęszczania osadu mineralnego przy użyciu Zetagu 63 i 92 wykazały, że flokulanty te wpływają w zbliżony sposób na proces zagęszczania i tak po okresie 2 godzin końcowa objętość osadu wynosiła w przypadku Zetagu 63 - 640 cm³, a Zetagu 92 - 620 cm³ (rys. 2).

Korzystniejsze efekty uzyskano dla osadu "mineralnego", stosując jako flokulanty Magnafloc i LT-24 i LT-25. Po okresie 5 minut zmniejszenie objętości osadu (ΔV) wynosiło odpowiednio 392 cm³ i 350 cm³ (rys. 3 i 4).

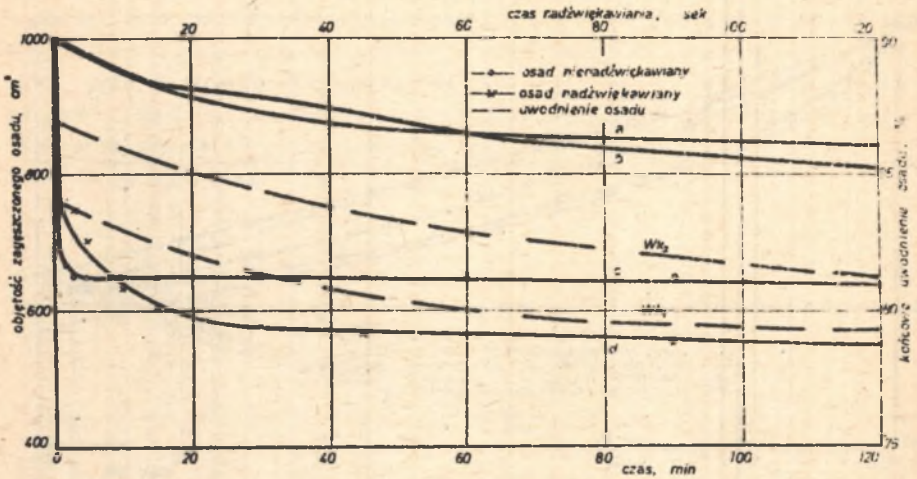
Próby zagęszczania osadu organicznego (o zawartości smo 17,5 g/dm³) wykazały, że spośród stosowanych flokulantów tylko Zetag 63 i Zetag 92 działają skutecznie, podczas gdy osad niepreparowany po 2-godzinny zagęszczaniu zmniejszył swoją objętość z 1000 cm³ do 911 cm³ ($\Delta V = 89$ cm³). Przy użyciu Zetagu 63 uzyskano końcową objętość 400 cm³ a przy Zetagu 92 - 412 cm³, czyli wartość (ΔV) wynosiła odpowiednio 600 i 588 cm³. Kompresja osadu



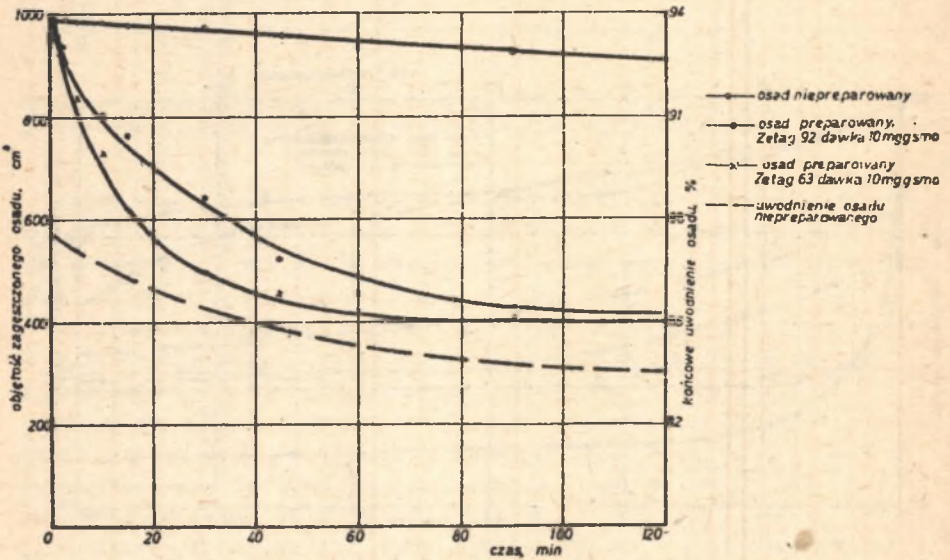
Rys. 2. Krzywe zagęszczania w leju Imhoffa osadu mineralnego niepreparowanego i preparowanego Zetagiem 92, dawką 10 mg/g smo oraz Zetagiem 63, dawką 2,5 mg/g smo



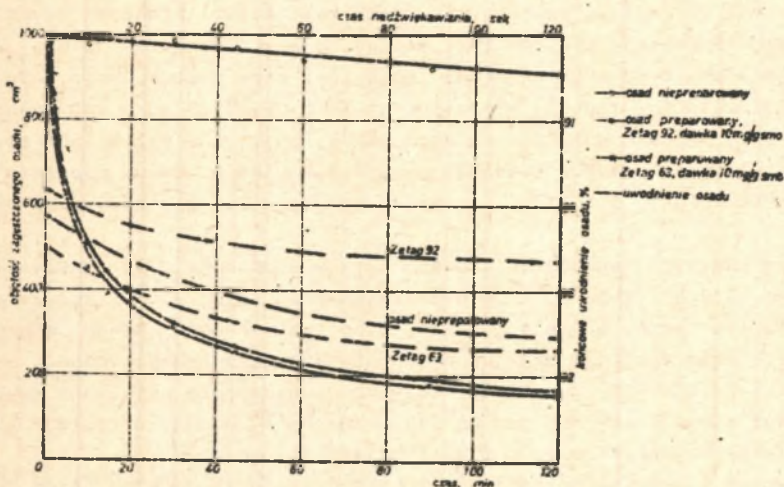
Rys. 3. Krzywe zagęszczania w leju Imhoffa osadu mineralnego preparowanego Magnafloc'iem LT-24, dawką 5,0 mg/g smo i niepreparowanego



Rys. 4. Krzywe zagęszczania w leju Imhoffa osadu mineralnego niepreparowanego i preparowanego Magnafloc'iem LT-25, dawkę 5,0 mg/g smo



Rys. 5. Krzywe zagęszczania w leju Imhoffa osadu organicznego niepreparowanego i preparowanego



Rys. 6. Krzywe zagęszczania osadu organicznego nadźwiękawanego: niepreparowanego i preparowanego

niepreparowanego przebiegała przy tym równomiernie w ciągu 120 minut, objętość zaś osadu preparowanego Zetagiem 63 i 92 zmniejszyła się szybko i proces zagęszczania przebiegał intensywnie, praktycznie około 80 minut (rys. 5 i 6).

Użycie fal ultradźwiękowych do wstępnego nadźwiękawiania badania osadów powoduje wyraźny, a jednocześnie zróżnicowany, wpływ na zmniejszenie objętości zagęszczonego osadu. Efekty nadźwiękawiania przedstawiono graficznie na rys. 1, 2, 3, 4 i 6.

Omówienie wyników

Z porównania przebiegu krzywych na rys. 1 i 2 ilustrujących zmiany objętości osadu mineralnego w ciągu 2 godzin zagęszczania wynika, że kationowe flokulanty wpływają niekorzystnie (Rokrysol WF-3 i WF-5), podobnie silnie kationowe polelektrolyty Zetag 63 i Zetag 92 nie poprawiają bądź pogarszają w niewielkim stopniu własności sedymentacyjne osadu. W końcowym efekcie osady preparowane wymienionymi związkami wykazują po okresie dwugodzinnego zagęszczania objętość większą lub równą objętości osadu niepreparowanego, a charakter przebiegu krzywych świadczy o stabilności zawiesiny i wysokim zdypergowaniu cząstek fazy stałej.

Nadźwiękowanie osadów wpływa korzystnie w każdym przypadku (krzywe na rys. 1, 2, 3, 4 i 6), zmniejszając objętość osadu. Jedynie w przypadku o-

osadu niepreparowanego widoczny jest po nadźwiękawieniu wyraźny wzrost ($\sim 10\%$) objętości zagęszczonego osadu, co tłumaczyć można dyspergującym działaniem fal ultradźwiękowych w warunkach kavitacji i brakiem czynnika wywołującego flokulację cząstek fazy stałej, a więc wytworzeniem się warunków stabilizujących zdyspergowaną zawiesinę. Przy zastosowaniu anionoaktywnych flokulantów z grupy Magnafloc LT-24 i LT-25 (5 mg/g smo) obserwuje się, przy zagęszczaniu mineralnego osadu, pozytywny wpływ polielektrolitu na własności sedymentowania, a nadźwiękawianie osadu poprawia jeszcze uzyskane efekty o 15-17%. Otrzymane wyniki ilustrują krzywe na rys. 3 i 4.

Przebieg krzywych zagęszczania osadu niepreparowanego, bez nadźwiękawiania (rys. 3 i 4 krzywa b) i po nadźwiękawianiu (rys. 3 i 4 krzywa a), jest prawie identyczny w ciągu godziny, a po tym okresie czasu większą prędkość opadania wykazują cząstki osadu nienadźwiękawianego. Dodanie Magnafloców LT-24 i LT-25 (rys. 3 i 4 krzywa c) uwidacznia ustalenie się stanu równowagi sedymentacyjnej już po 5-8 minutach i w dalszym okresie nie obserwuje się praktycznie zmian w ilości zagęszczanego osadu.

Jak wiadomo w okresie początkowym prędkość opadania cząstek osadu jest największa, gdyż następuje sedymentacja cząstek o większych wymiarach i największych szybkościach, w dalszym okresie czasu opadanie swobodne przechodzi w zagęszczanie, co prowadzi stopniowo do większego upakowania luźnej początkowo warstwy osadu i do tworzenia się pewnej struktury osadu. Jednocześnie maleje szybkość sedymentowania. Jak wynika z rysunków (rys. 3 i 4 krzywa d), nadźwiękawianie osadów wydłuża okres osiągnięcia stanu równowagi przy użyciu tych samych flokulantów do 60 minut, przy równoczesnym zmniejszeniu objętości zagęszczanych osadów. Potwierdza to wzmiankowane wyżej dyspergujące działanie fal ultradźwiękowych, na skutek czego szybkość opadania drobniejszych cząstek jest mniejsza i wzrasta ich upakowanie w warstwie osadu.

Uzyskiwane efekty nadźwiękawiania mogą być rozważane jako bezpośredni wpływ fal ultradźwiękowych na zmianę składników zawiesiny w obecności flokulantów lub jako oddziaływanie ultradźwięków na wzrost aktywności zastosowanych reagentów. Może to być także działanie addytywne [2].

Zwiększenie efektywności procesu zagęszczania obserwuje się również w przypadku osadu organicznego, zastosowanie flokulantów kationoaktywnych Zetag 63 i 92 pozwoliło na zmniejszenie objętości osadu organicznego zagęszczonego w ciągu 2 godzin o przeszło 50% w stosunku do osadu niepreparowanego (rys. 5 i 6).

Nadźwiękawianie organicznego osadu niepreparowanego, podobnie i z tych samych przyczyn jak osadu mineralnego, nie wpływało na wzrost szybkości zagęszczania ani na zmniejszenie objętości osadu, natomiast nadźwiękawianie osadu preparowanego pozwoliło na dalsze zmniejszenie objętości, która osiągnęła około 40% objętości osadu nienadźwiękawianego.

Otrzymane wyniki wskazują na istotną ze względów technicznych i ekonomicznych możliwość intensyfikacji procesu zagęszczenia przez preparowanie osadów organicznych, przy czym efekty procesu można jeszcze znacznie polepszyć przez wstępne nadźwiękowanie osadu przed ich zagęszczeniem.

Uzyskanie wyników zdecydowanie różnych dla osadu mineralnego i organicznego wynika z różnego charakteru i struktury obu badanych osadów. W osadzie z przemyśłu metalowego przeważają cząstki krystalicznych związków metali, w osadzie zaś ze ścieków komunalnych znaczny jest udział związków organicznych o rozproszeniu koloidalnym oraz cząstek pozostałości po fermentacyjnych. Osady organiczne są więc o wiele bardziej podatne na zmiany fali zagęszczenia i rozrzedzenia nadźwiękowanego ośrodka i na towarzyszące im lokalne efekty udarowe i termiczne zachodzące pod wpływem energii fal ultradźwiękowych [3,4,5,6], struktura zaś osadu mineralnego ulega dużo mniejszej zmianie przy nadźwiękowaniu.

Mechanizm działania fali ultradźwiękowej, jakkolwiek nie jest jeszcze dokładnie poznany, tłumaczony jest między innymi częściowym usuwaniem dipoli wody z powierzchni cząstek fazy stałej, co ułatwia orientację i osadzanie się w tych miejscach makrocząsteczek polielektrolitów "mostkujących" równocześnie kilka cząstek. W konsekwencji zwiększają się własności sedymentacyjne drobnych cząstek zawiesiny. Występuje przy tym również zależność między siłami oddziaływań i powinowactwa do powierzchni cząstek fazy stałej a strukturą polielektrolitu, które to siły wzrastają wraz ze wzrostem długości łańcucha makrocząsteczki [7, 8].

Oddziaływanie ultradźwięków wywołujące omawiane efekty jest także interpretowane od dawna ich destrukcyjnym wpływem na symetrię podwójnej warstwy elektrycznej, co wiąże się ze zmianą wielkości potencjału elektrokinetycznego. W nadźwiękowanym ośrodku łatwiej deformowana lub usuwana przy opadaniu cząstek warstwa dyfuzyjna wzdłuż granicy poślizgu (jaką będzie granica między warstwą adsorpcyjną i dyfuzyjną) wpływać będzie w większym stopniu na zmniejszenie stabilności układu w porównaniu z osadem nienadźwiękowanym i na większą zdolność opadania cząstek zwłaszcza o małych rozmiarach.

Jak stwierdzają od dawna dane literaturowe [9], zmiana przestrzennego rozmieszczenia ładunków, w wyniku częściowej tylko polaryzacji warstwy dyfuzyjnej pod wpływem ultradźwięków, sprzyja tworzeniu się momentu dipolowego i zwiększeniu międzymolekularnych sił oddziaływania. Z kolei wzrost i zmiana sił orientacji, indukcji i dyspersji wpływać będzie na zmianę niektórych własności fizykochemicznych i reologicznych osadów ściekowych [10].

LITERATURA

- [1] Eckenfelder W.W.: Oczyszczanie ścieków. Światowa Organizacja Zdrowia. Projekt FS ONZ - Polska 26 Uniwersytet Teksas - Austin 1967.
- [2] Elpiner J.E.: Biofizyka ultrazwuka. Moskwa 1973.
- [3] Elpiner J.E.: On the chemical action of ultrasonic waves. *Int. Phys. Acoust.* 5, 1959.
- [4] Booker J., Yeager E., Novorka F.: Ultrasonic vibration potentials in polyelectrolytes. *Trans* 31, 1959, 1.
- [5] Mostafa M.A.K.: *J. Polymer. Sci.* 33, 126, 329, 1958.
- [6] Okuyama H.: *Z. Elektrochems.* 59, 6, 565, 1951.
- [7] Goberman G.: *J. Polymer. Sci.* 42, 139, 35, 1960.
- [8] Fox R., Yeager E., Novorka F.: *J. Acoust. Soc. Amer.* 32, 1499, 1960.
- [9] Sclowisna A.J., Bolezakow A.G., Kurtinow A.W.: *Kolloid Z.* 20, 249, 1958.
- [10] Lyon W.A.: *Sew. a Ind. Wastes* 23, 1951.

ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТЫ И УЛЬТРАЗВУКИ В ПРОЦЕССЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ЗАГУЩЕНИЯ
ИЗБРАННЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Р е з ю м е

Сделаны исследования показывают позитивное действие ультразвуков и катионных полиэлектролитов для осадков из сельскохозяйственных сточных вод а также анионоактивных соединений для исследованных осадков сточных вод из канализации. В статье показан механизм действия ультразвуковых волн в водных взвешенных водосuspensions.

POLYELECTROLYTES AND ULTRASOUNDS IN GRAVITAL THICKENING PROCESS
OF SELECTED SEWAGE SLUDGES

S u m m a r y

The conducted investigations show positive ultrasonic and cationic polyelectrolytes effect on the tested communal sewage sludges as well as anionactive compounds in case of electroplating sewage sludges.

The paper presents an interpretation of the mechanism of ultrasonic effect in water suspensions.