ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 19 Nr kol. 443

Eugenia Kowalska, January Bień

KOAGULACJA I FLOKULACJA W ZAGADNIENIACH OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

Streszczenie. W artykule omówiono procesy koagulacji i flokulacji oraz koagulujące działanie pola ultradźwiękowego na tle wyników prac własnych odnośnie sedymentacji mułów węglowych.

Zjawiska koagulacji i flokulacji rozpatrywane są często jako jednoznaczne, bądź też flokulację uważa się za jeden z etapów procesu koagulacji. Niezależnie od rozbieżności nomenklaturowych, flokulanty stosuje się w celu zwiększenia sprawności flokulacji, tym samy ułatwiają one przebieg całego procesu koagulacji.

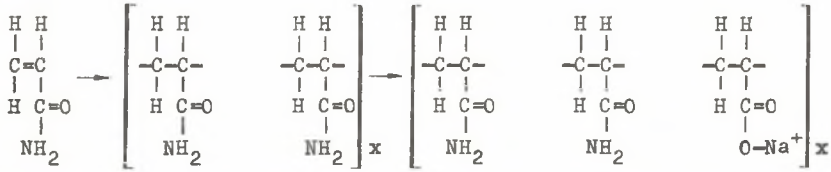
Efekt koagulacji, a więc łączenia się cząstek rozproszonych w układzie dyspersyjnym w większe zespoły, osiągany jest w wyniku zmniejszenia sił elektrostatycznego odpychania cząstek koloidalnych. Przez wprowadzenie elektrolitu następuje zmniejszenie stabilności układu, gdyż obniża się wartość potencjału powierzchni cząstek fazy rozproszonej lub też zanika stabilizująca warstewka dyfuzyjna dookoła cząstek.

Jakkolwiek efekt flokulacji przy użyciu organicznych flokulantów jest podobny jak w przypadku koagulacji konwencjonalnej, to jednak mechanizm tego procesu tłumaczony jest między innymi łączeniem się pojedynczych cząstek w większe zespoły fazy rozproszonej w wyniku adsorpcji makrocząsteczek dodawanych związków organicznych na powierzchni równocześnie dwóch lub więcej cząstek fazy rozproszonej. Powoduje to tzw. mostkowanie i tworzenie się dużych "kłaczków".

Ten rodzaj makroflokuł różni się wyraźnie swoim zachowaniem sedymentacyjno-odwadniającym od tworzących się pojedynczych cząstek fazy stałej względnie mikroflokuł. Mechanizm flokulacji przy użyciu polielektrolitów nie jest jeszcze całkowicie wyjaśniony istnieje na ten temat kilka różnych teorii.

Na podstawie danych literaturowych [1] i wyników prac własnych można stwierdzić, że powstałe zawiesiny przy stosowaniu flokulantów sedymentują i filtrują się lepiej, niż zawiesiny pokoagulacyjne, istnieją przy tym pewne optymalne ilości dodawanego odczynnika flokulującego, przy których proces flokulacji zachodzi najkorzystniej. Przy użyciu wielkocząsteczkowych polimerów może zachodzić on przy stosunkowo dużych wartościach potencjału elektrokinetycznego, a zwiększenie szybkości sedymentacji zachodzi przeważnie przy wielokrotnie mniejszym zużyciu reagenta w porównaniu z koagulacją. Jako flokulanty stosuje się związki naturalne i syntetyczne.

Stosowane flokulanty naturalne to głównie modyfikowana skrobia, natomiast flokulanty syntetyczne to w większości organiczne związki poliakrylowe i polimetaakrylowe. Zwiększenie aktywności syntetycznych środków flokulujących osiąga się przez odpowiedni stopień spolimeryzowania i przez kopolimeryzację, na przykład:



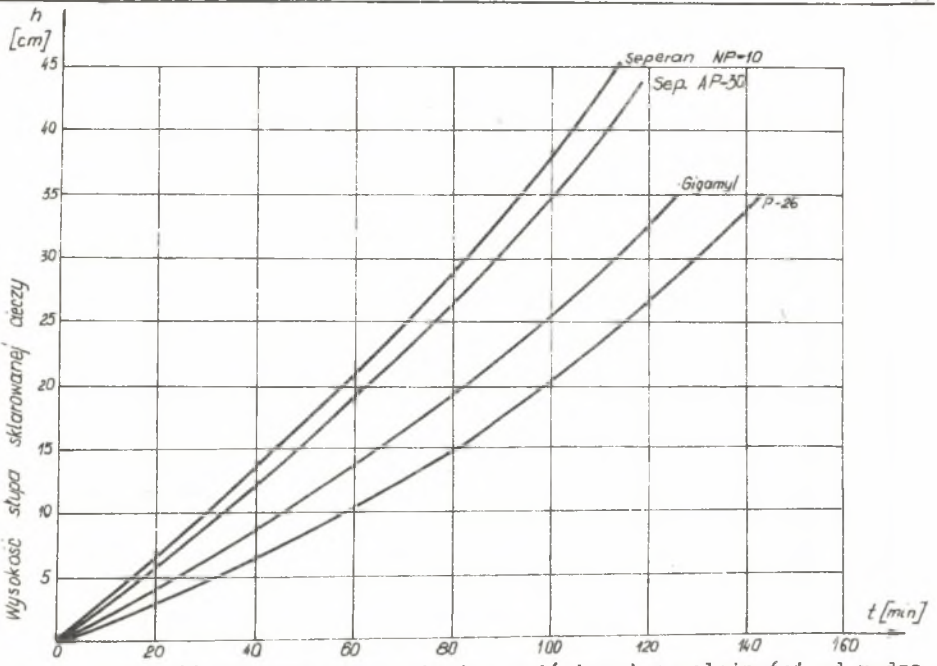
akrylamid poliakrylamid Na – poliakrylamid

Flokulanty znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Przykładowo zagadnienie gospodarki wodnej na oddziałach mokrego wzbogacania węgla jest jednym z czołowych problemów wielu kopalń.

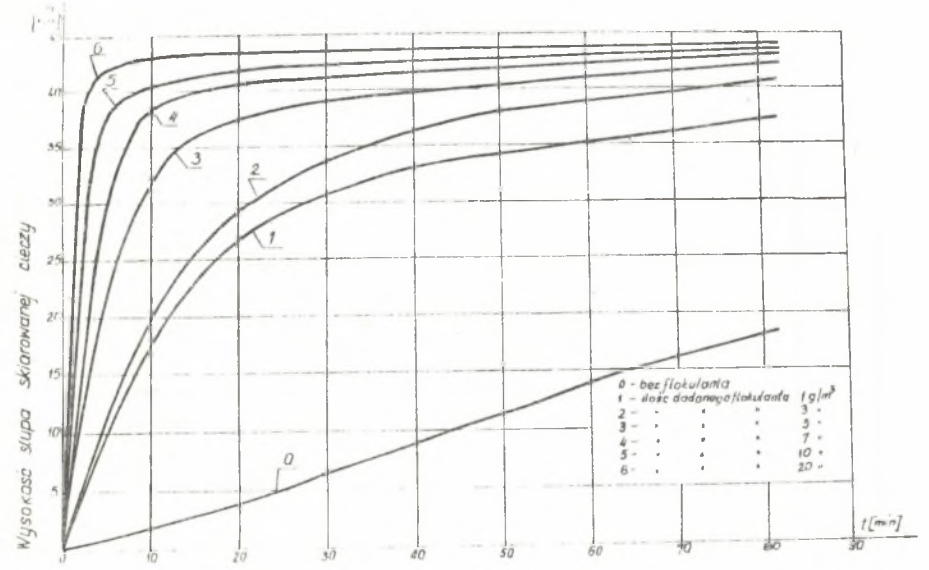
Zawieszone w wodzie, w wyniku wzbogacania, drobne ziarna urobku warunkują w zależności od swej średnicy możliwość wykorzystania części lub całości wody do obiegu. Idealnym przypadkiem jest stworzenie w tym procesie zamkniętego obiegu wodnego. Oddzielenie ciała stałego od wody odbywa się na drodze sedymentacji w osadnikach. W urządzeniach tych szybkość opadania cząstek ciała stałego jest tym większa im większe są cząsteczki, zaś ze wzrostem szybkości sedymentacji powierzchnia klarująca osadnika może być zmniejszona.

W prowadzonych przez nasz zespół przed kilku laty badaniach nad doborem flokulantów dla poprawy gospodarki wodnej jednego z zakładów przeróbczych na terenie Górnego Śląska [2] zastosowano flokulanty importowane: Seperan AP-30, Seperan NP-10 oraz Gigamyl i P-26 produkcji polskiej. Stwierdzono wówczas najaktywniejsze działanie Seperanu NP-10, uzyskując przy stężeniu flokulanta 7 g/m^3 40-krotny wzrost szybkości sedymentacji. Ponieważ szybkość sedymentacji badanej zawiesiny mułowej zależy od rodzaju i ilości dodawanego flokulanta (rys. 1 ÷ 2), określono doświadczalnie optymalne stężenia badanych flokulantów dla danego typu węgla i określonej wody. Stwierdzono również, że szybkość sedymentacji zależy także od zagęszczenia cząstek fazy rozproszonej w jednostce objętości i rośnie wraz z rozcieńczeniem zawiesiny (rys. 3). Na przykład w górnictwie proces sedymentacji zawiesiny mułu węglowego zależy w dużym stopniu od stanu rozdrobnienia, typu węgla i jego składu petrograficznego oraz od ilości i rodzaju substancji mineralnych. Duży wpływ na sedymentację wywiera lepkość i gęstość ośrodka rozpraszającego, odczyn, a także obecność w roztworze elektrolitów.

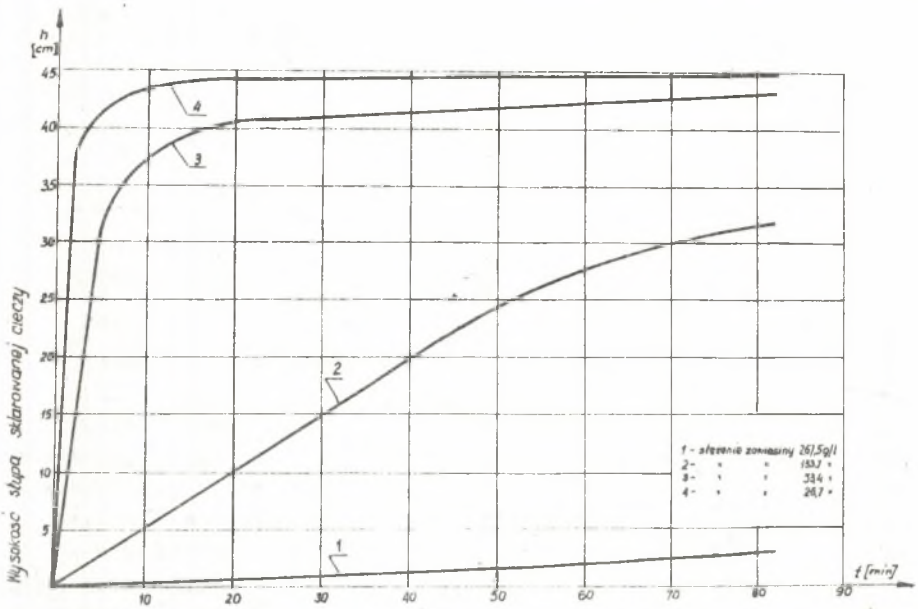
Wyniki doświadczeń wskazują także na pozytywny wpływ dokładnego wymieszania flokulanta w zawiesinie.



Rys. 1. Szybkość sedymentacji zawiesiny wyjściowej w zależności od rodzaju flokulanta (Stężenie flokul.= 10 g/m^3



Rys. 2. Szybkość sedymentacji zawiesiny o stężeniu 53,4 g/l w zależności od ilości seperanu NP-10



Rys. 3. Szybkość sedymentacji zawiesin o różnych stężeniach przy użyciu 7 g/m^3 seperanu NP-10

W przemyśle hutniczym przy zastosowaniu spolimeryzowanych aniono-aktywnych środków flokulujących np. prestole, uzyskuje się usunięcie zawieszonych cząstek stałych o średniej szybkości osadzania 0,96-2,48 m/h już przy ilości dodawanego flokulanta 0,4-1,5 g/m^3 przepływającej wody. W odciekach z walcowni usuwane są także przy użyciu tych środków zanieczyszczenia olejami, tłuszczami oraz organiczne związki rozpuszczone w wodzie. Roztwory flokulantów dozuje się do specjalnych zbiorników, a napowietrzanie ułatwia zbieranie się szlamu pływającego na powierzchni flotowanego odcieku. Szlam jest ściągany przez specjalne urządzenie i poddawany dalszej flokulacji przy użyciu anionoaktywnego flokulanta, a oczyszczona woda zawracana jest do obiegu (mieszana z surową wodą).

Zastosowanie środków flokulujących do odzysku i poprawy jakości wody pozwala ponadto na wysoki wzrost szybkości osadzania z czym wiąże się wzrost przepustowości urządzeń klarujących, bądź na zmniejszenie ich wymiarów, co ma znaczenie również ze względów inwestycyjnych - czas i koszt budowy osadników oraz wielkość zajmowanego pod budowę areału.

Analogiczne problemy i możliwości poprawy rysują się w przemyśle sodowym, gdzie dobór i zastosowanie właściwych flokulantów w osadnikach klarujących i filtrach pozwala na zlikwidowanie "białych mórz", zmniejszy zajmowane tereny a także zabezpieczy przed przesiąkaniem zanieczyszczeń do gleby. Według danych literaturowych [4] przez dodanie 0,1% roztworu

flokulanta z grupy prestoli w ilości 40 g/m^3 otrzymuje się wysoko odwodniony osad, który można ładować do kontenerów.

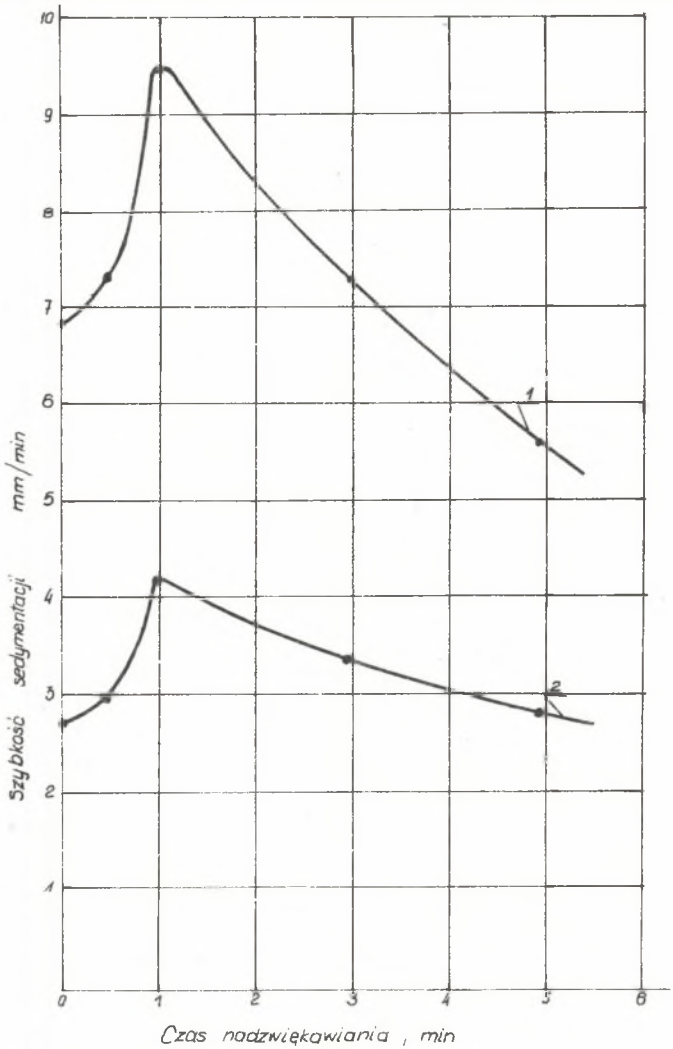
Intensywnie prowadzone są badania nad wykorzystaniem związków flokulujących do procesów uzdatniania wody i oczyszczania ścieków w innych gałęziach przemysłu. Prace dotyczące przydatności krajowych flokulantów prowadzone są między innymi z takimi flokulantami, jak np. gigtar, rokrysole oraz dla porównania z innymi substancjami ułatwiającymi przebieg koagulacji jak krzemionka aktywowana.

Wiadomo również, że agregacja cząstek fazy rozproszonej w układach dysperszyjnych może być inicjowana bądź intensyfikowana również pod wpływem innych czynników, takich jak: działanie pola elektrycznego, magnetycznego a także działanie ultradźwięków [3, 4]. W polu ultradźwiękowym pod wpływem drgań ośrodka występują obszary zagęszczeń i rozrzedzeń. W obszarach zagęszczeń wskutek występowania elektrostatycznych sił międzycząsteczkowych następuje koagulacja. Aerozole koagulują łatwiej, niż hydrozole lub emulsje. Szybkość koagulacji uzależniona jest zarówno od masy cząstek jak i od parametrów pola ultradźwiękowego między innymi od częstości drgań. Istnieje więc zapewne optymalny przedział częstości w których cząstki o różnych rozmiarach i różnych amplitudach drgań najlepiej ulegają koagulacji.

W jednej z poprzednich prac własnych [5] badano wpływ ultradźwięków na szybkość sedymentacji poflotacyjnej zawiesiny mułowej z płuczki węglowej, stwierdzając wzrost szybkości sedymentacji o około 50% oraz ustalając optymalny czas nadźwiękowiania na 1 minutę (rys. 4). Nadźwiękawianie zawiesiny wpływa równocześnie na szybkie ustalenie się bardzo wyraźnej granicy mętności między słupem przeźroczystej sklarowanej cieczy a zawiesiną, co wskazuje, że w polu ultradźwiękowym ulegają sedymentacji razem z cząstkami węglowymi również iły zawarte w mule.

Fale ultradźwiękowe mogą także w pewnych warunkach wykazywać działanie przeciwne a mianowicie działanie dyspersyjne. W badaniach nad wpływem pola ultradźwiękowego na własności fizykochemiczne i powierzchniowe żelu chromowego [6] stwierdzono, że preparat otrzymany bez pola ultradźwiękowego sedymentuje o wiele szybciej niż po jego nadźwiękowieniu, przy czym szybkość sedymentacji, uzależniona od częstości stosowanych fal ultradźwiękowych, najmniejsza była dla częstości 20 kHz. W wyniku przeprowadzonych przez nas pomiarów powierzchni właściwej, analizy rentgenograficznej i zdjęć przy użyciu mikroskopu elektronowego można stwierdzić, że w badanym przedziale częstości 20 - 500 kHz utworzone agregaty żeli nadźwiękowych są mniejsze, co wskazuje na dyspergujące działanie pola ultradźwiękowego. Przy częstości 1 MHz stwierdzono jednak wzrost szybkości sedymentacji, sygnalizujący wystąpienie przy tej częstości koagulującego efektu działania fal ultradźwiękowych (rys. 5).

Podobny wpływ częstości na ultradźwiękową koagulację stwierdzili badacze radzieccy w przypadku osadzania wodorotlenku magnezu $Mg(OH)_2$ [7]. Koa-

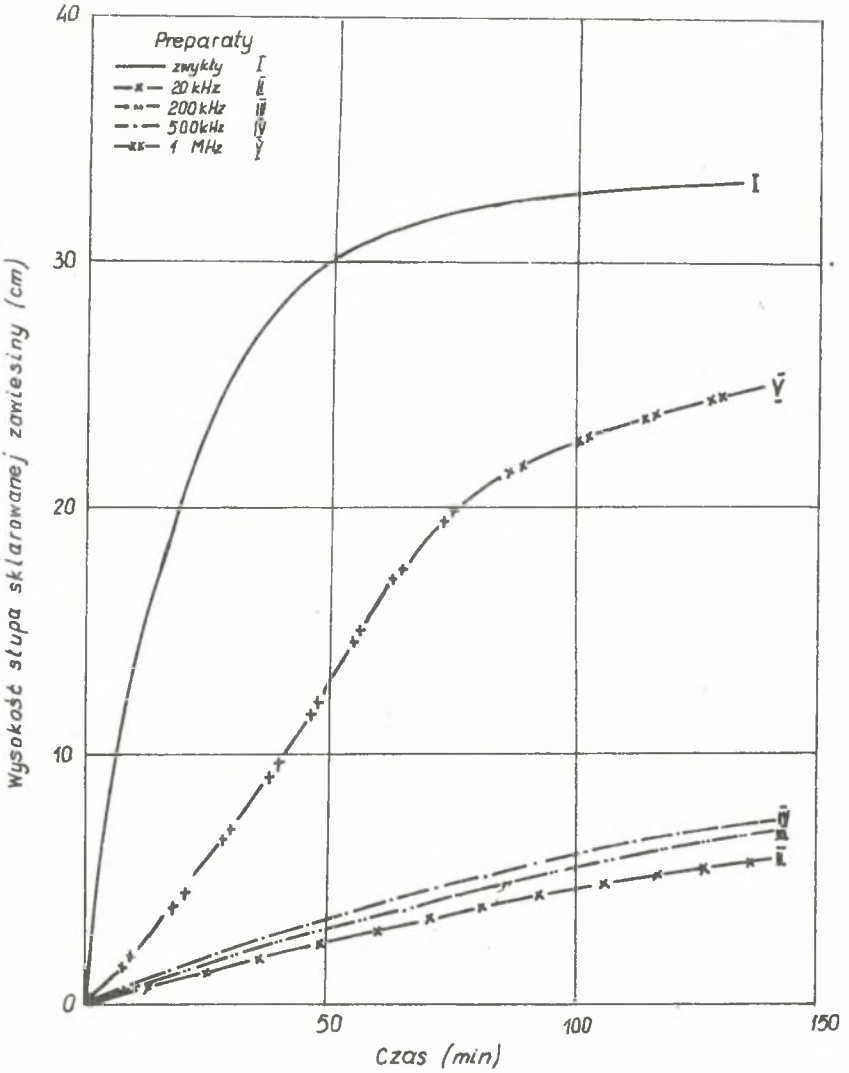


Rys. 4. Szybkość sedymentacji mułów w zależności od czasu nadźwiękowania 1 - muł o zagęszczeniu 40 g/l, 2 - muł o zagęszczeniu 62 g/l

gulujące działanie pola ultradźwiękowego w tych warunkach tłumaczone jest tworzeniem się stref akumulacyjnych w polu stojących fal ultradźwiękowych

W polu ultradźwiękowym mogą też nastąpić zaburzenia symetrii podwójnej warstwy elektrycznej dokoła poruszających się cząstek, w wyniku czego wytworzony moment dipolowy prowadzi do przyciągania się cząstek i ich agregacji.

Z licznych obserwacji [1, 2, 4] wynika, że zakres częstości koagulującego i dyspergującego działania fal ultradźwiękowych winien być ustalony dla danego układu eksperymentalnie.



Rys. 5. Zmiana wysokości słupa sklarowanej zawiesiny żeli chromowych otrzymanych bez i przy współudziale pola ultradźwiękowego w czasie

Jak wynika z zebranych informacji, przebieg procesu koagulacji w różnych dziedzinach gospodarki wodnościekowej usprawnia stosowanie wielkocząsteczkowych polimerów organicznych. Między innymi stwierdzono ich korzystny wpływ na sedymentację i odwadnianie osadów. Inny kierunek badań wykazał, że podobny efekt można uzyskać wskutek zastosowania pola ultradźwiękowego. Przy dążeniu do dalszych usprawnień gospodarki wodnej, w tym głównie przeróbki osadów celowe wydaje się podjęcie badań nad wspólnym zastosowaniem flokulantów i ultradźwięków. Kierunek ten, wymagający zapewne szerokich badań zdaje się jednak rokować obiecujące wyniki.

LITERATURA

[1] Fomienko T.G., Błagow I.S., Kotkin A.M.: Flokulacja szlamów Moskwa 1962.

[2] Praca zbiorowa - niepublikowana (1967).

[3] Kłassen W.J.:O sostojanii rabot w obłasti wozdżejstwije magnitnych polej na wodu.

[4] Elpiner K.J.: Nowyje materiały po obieszaraziwaniju wody ultrazwukami Gigiena i Sanitarija 11 (1960).

[5] Kowalska E., Slączka A., Zajączkowska J.: Wpływ ultradźwięków na szybkość sedymentacji mułów węglowych. Przegląd Górniczy 12, 588 - 590 (1967).

[6] Kowalska E., Dzięgielewska M.: Efekty działania pola ultradźwiękowego na żele chromowe w świetle ich własności powierzchniowych i fizykochemicznych - Materiały z XX Jubileuszowego Seminarium Otwartego z Akustyki, Poznań - Mierzyn 1973.

[7] Sołowiewa A.J., Bolszakow A.G., Kortinow A.W., Kołłoid Z.: 20, 249 (1958).

КОАГУЛАЦИЯ И ФЛОКУЛАЦИЯ В ПРОБЛЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Р е з ю м е

В статьи показано процессы коагуляции и флокуляции а также коагулясённое действие ультразвукового поля на фоне результатов собственных работ относительно седиментации илов каменного угля.

COAGULATION AND FLOCCLATION IN THE PROBLEMS OF SEWAGE TREATMENT

S u m m a r y

The koagulation and flocoulationprocess has been discssed and the ultrasound wawes influence on that processes on basis of experimental works were presented.