

STANISŁAW MASIUK  
 RAFAŁ RAKOCZY  
 MARIAN KORDAS

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

# Opis informacyjny kinetyki procesu sedymentacji zawiesiny borowinowej

## Wprowadzenie

Jednym z głównych czynników określających stopień szkodliwości ścieków jest zawartość zawiesin. Zawiesiny szybko opadające usuwane są ze ścieku w piaskowniku oraz osadniku wstępnym, gdzie również usuwane są częściowo zawiesiny trudno opadające. Całkowite usunięcie zawiesin ze ścieku wymaga przyspieszenia procesu sedymentacji poprzez dodanie koagulantu. Takiego postępowania wymaga zawiesina występująca w ściekach po balneoterapii. W wyniku zmywania papki borowinowej, stosowanej jako okład leczniczy, powstaje ściek zawierający włókna torfowe o różnym wymiarze. W uzdrowiskach ściek taki jest przetrzymywany w zewnętrznym zbiorniku, gdzie ulega częściowej sedymentacji. Nad osadem dennym występuje faza ciekła z zawieszonymi drobnymi cząsteczkami z włókien torfowych. Faza ta nie klaruje się samoistnie i wymaga zastosowania środków przyspieszających proces sedymentacji.

Głównym celem prezentowanej pracy jest przedstawienie badań dotyczących procesu opadania zawiesiny cząstek stałych (włókien torfowych) w sztucznie spreparowanym ścieku przy zastosowaniu koagulantu PIX. Opis matematyczny analizowanego procesu sedymentacji zawiesiny, zawierającej zróżnicowane pod względem rozmiarów cząstki, oparto na entropii informacji.

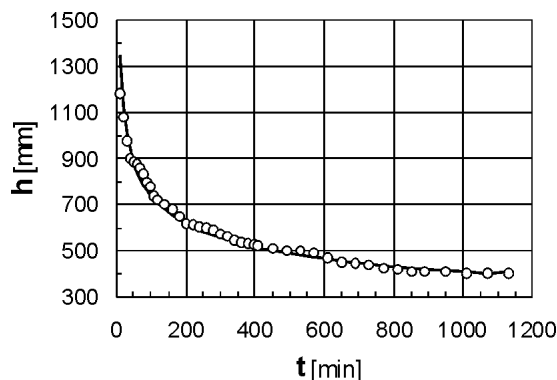
## Procedura doświadczalna

Sztuczny ściek borowinowy sporządzono z leczniczej pasty borowinowej otrzymanej z Uzdrowiska w Międzyzdrojach. Odważono 0,16 kg borowiny, którą wstępnie zalano 1,5 l wody oraz podano procesowi homogenizacji. W ten sposób otrzymano samoistnie nieklarującą się zawiesinę torfową o udziale masowym fazy stałej wynoszącym 0,096. Następnie do spreparowanego sztucznego ścieku dodano 0,05 l PIXu oraz całość wlało do smukłego przezroczystego cylindrycznego pojemnika o wewnętrznej średnicy 0,05 m i wysokości 0,4m. W określonych momentach procesu sedymentacji odczytywano wysokość wyraźnie zaznaczonej warstwy osadu. Wyniki pomiarów przedstawiono graficznie na rys. 1.

Punkty pomiarowe (Rys.1) prezentujące proces klarowania się ścieku borowinowego układają się wzdłuż linii określonej następującą zależnością:

$$h(t) = 2450t^{-0,26} \quad (1)$$

Pojemnik pomiarowy wykorzystany do analizy procesu sedymentacji stałej fazy dyspersyjnej ze spreparowanego ścieku posiadał ruchome dno. Po określonym czasie sedymentacji na dnie pojemnika pojawiała się wyraźnie zaznaczona warstwa

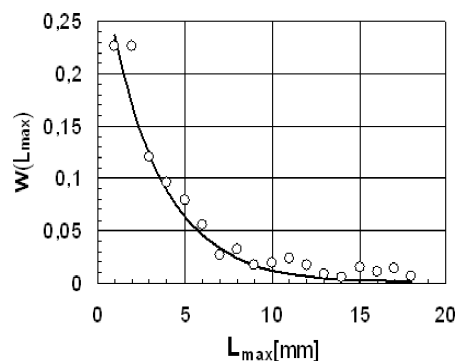


Rys. 1. Zmiana wysokości warstwy dyspersyjnej z fazą rozproszoną w postaci włókien torfowych w czasie trwania procesu sedymentacji przyspieszonej koagulantem PIX

osadu. Warstwę tę upuszczano poprzez ruchome dno i pobierano z niej próbkę uwodnionego osadu o objętości około 50 ml, z której pobierano 5 elementarnych próbek o objętości 1ml. Próbkę elementarną rozcieńczano wodą, rozprawdzano ciekłą warstwą na szkiełkach i umieszczano pod mikroskopem projekcyjnym. Skład granulometryczny osadu z 5 elementarnych próbek łączono i wyznaczano częstość występowania określonego wymiaru włókna w zbiorze elementów dyspersyjnych w analizowanej warstwie osadu. Obliczenia zrealizowano dla wszystkich momentów pobierania próbek osadu i zgromadzone w postaci bazy danych doświadczalnych.

## Analiza danych doświadczalnych

Dla każdego momentu próbkowania warstwy osadu wykonano wykres częstości występowania określonego wymiaru liniowego włókna torfowego w zbiorowości wymiarów. Przykładowy wynik obliczeń przedstawiono graficznie na rys. 2.



Rys. 2. Gęstość rozkładu prawdopodobieństwa liniowych wymiarów włókien torfowych w osadzie po 400 minutach trwania procesu sedymentacji

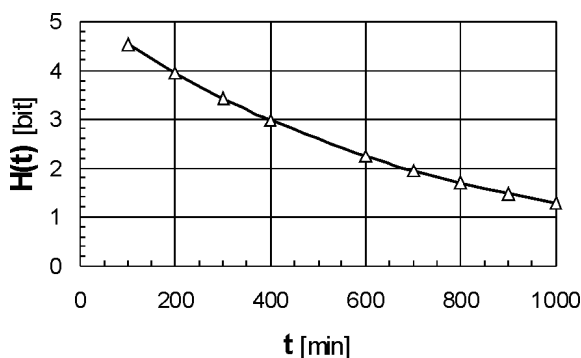
Zbiory wartości częstości występowania określonego wymiaru liniowego włókna torfowego przyporządkowano rozkładowi wykładniczemu [1], którego parametr zależy od czasu trwania procesu sedymentacji:

$$\lambda^{ED}(t) = 0,134 \exp(-0,0023t) \quad (2)$$

Do opis informacyjnego procesu klarowania się zawiesiny borowinowej wykorzystano definicję różniczkowej entropii dla rozkładu wykładniczego [2–4]:

$$H^{ED}(t; \{L\}) = \log_2 \left[ \frac{e}{\lambda^{ED}(t)} \right] \quad (3)$$

Otrzymane wyniki obliczeń przedstawiono graficznie na rys. 3.



Rys.3. Zmiana entropii informacyjnej składu granulometrycznego osadu zawiesiny borowinowej w czasie trwania procesu sedymentacji przyspieszonej koagulantem PIX

Punkty obliczeniowe przybliżają linię o następującej postaci funkcyjnej:

$$H(t) = 5,2 \exp(-0,0014t) \quad (4)$$

Analizowana zawiesina borowinowa jest układem dwufazowym o fazie dyspersyjnej trudno opadającej oraz charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem cząstek pod względem rozmiarów. Praktyczna znormalizowana procedura pomiaru zawartości zawiesiny nie informuje o składzie granulometrycznym, a czas przetrzymania zawiesiny w odstojnikach jest określony dopuszczalną zawartością dyspersyjnej fazy

stałej w ścieku opuszczającym oczyszczalnię. Zróżnicowanie składu fazy dyspersyjnej utrudnia określenie wypadkowej szybkości opadania cząstek, a tym samym realnego czasu przetrzymania ścieku w osadniku. Więż pomiędzy czasem opadania określającym wysokość osadu w odstojniku a składem granulometrycznym opisuje czasowa zmiana gęstości rozkładu prawdopodobieństwa liniowych wymiarów fazy dyspersyjnej. Wykorzystując entropię można więż tę przenieść do obszaru informacyjnego. Zatem uzależnienie entropii od czasu trwania procesu sedymentacji daje ilościową informacyjną ocenę składu granulometrycznego warstw osadu narastającego w czasie procesu sedymentacji. Im większa jest wartość entropii tym bardziej jest zróżnicowany skład granulometryczny fazy dyspersyjnej i należy oczekiwać, że praktycznie przyjęty czas trwania procesu sedymentacji można zapewnić wymaganą zawartości zawiesiny w ścieku odpływowym. Natomiast im mniejsza jest wartość entropii informacyjnej, tym mniej zróżnicowany jest skład granulometryczny fazy dyspersyjnej. Wówczas dla cząstek o dużych wymiarach ustalony czas jest przesadnie długi, a dla cząstek o małych wymiarach czas ten jest zdecydowanie za krótki.

### Podsumowanie i wnioski

Proponowaną zależność (4) otrzymano dla procesu sedymentacji wolno opadającej sztucznie spreparowanej zawiesiny borowinowej. Przyjęto, że wyniki opracowań matematycznych są słuszne również dla procesu usuwania zawiesiny borowinowej w realnym procesie. Przez pomiar wysokości osadu można ocenić wartość entropii i ustalić przewidywany czas przetrzymania ścieku w osadniku. Należy mieć na uwadze, że zaproponowaną zależność otrzymano dla procesu sedymentacji przyspieszonej koagulantem PIX. Zastosowana dawka koagulantu jest wystarczająca do pełnej sedymentacji ścieku o przyjętej zawartości fazy dyspersyjnej.

### LITERATURA

1. W.S. Koroljuk (red): Sprawozdanie z teorii weryfikacji i matematycznej statystyki, Naukowa Dumka, Kijew, 1978.
2. C.E. Shannon: Bell Syst. J. **22**, 379 i 623 (1948).
3. S. Masiuk, R. Rakoczy: Chemical Engineering and Processing: Process Intensification **47**, 200 (2008).
4. S. Masiuk, R. Rakoczy, V. Mizonov: Chemical Engineering Journal **131**, 283 (2007).