



Intensyfikacja procesu odwadniania osadów z pstrągowych gospodarstw rybackich

Marek Romuald Rynkiewicz, Marta Kisielewska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

1. Wstęp

Intensywny i różnokierunkowy rozwój akwakultur wynoszący globalnie około 5–10% rocznie sprawia, że wzrasta ich wpływa na stan środowiska naturalnego. Nadmierne zagęszczenie organizmów wodnych występujące przy każdej towarowej produkcji ryb stwarza problemy zarówno z jakością odprowadzanej do środowiska wody poprodukcyjnej, jak i z utylizacją osadów zbierających się na dnie stawów rybnych lub w urządzeniach do ich usuwania [1, 3]. Bogate w materię organiczną oraz w związki biogenne osady łatwe do wydzielenia z wód poprodukcyjnych charakteryzują się wysokim uwodnieniem utrudniającym dalsze etapy ich zagospodarowania [4, 6, 13]. Unieszkodliwianie zanieczyszczeń powstających zarówno w gospodarstwach rybackich, jak i później w zakładach przetwórstwa rybnego następuje z wieloma trudnościami ze względu na ich specyficzny charakter. Wprawdzie ścieki przemysłu rybnego nie zawierają substancji toksycznych ale niosą one ze sobą znaczny ładunek zanieczyszczeń [2]. Proces grawitacyjnego zagęszczania osadów umożliwia zmniejszenie uwodnienia do około 92–96% [9, 12]. Dalsze usunięcie wody jest możliwe tylko przy zastosowaniu innych technik np. urządzeń mechanicznych lub długotrwałego odwadniania na poletkach osadowych [8, 10].

Dane literaturowe wskazują, że dotychczasowe próby nad ich odwadnianiem opierały się głównie na wykorzystaniu metod naturalnych lub zbliżonych do naturalnych, których efektywność jest ciągle niezadowalająca i skłania do dalszych poszukiwań odpowiedniej technologii. Dobór odpowiednich urządzeń mechanicznych do odwadniania osadów,

środków kondycjonujących oraz określenia innych parametrów procesu wymaga przeprowadzenia badań empirycznych szczególnie w odniesieniu do osadów o słabo poznanej charakterystyce [2, 5].

Wysoka zawartość związków azotu i fosforu w osadach sprawia, że sposób postępowania z nimi ma znaczenie dla ochrony wód powierzchniowych. Na szczególną uwagę zasługują związki fosforu będące podstawowym czynnikiem eutrofizacji. Metody usuwania tego pierwiastka ze ścieków na drodze chemicznej ciągle są udoskonalane. Testowane są również nowe technologie ich eliminacji [14]. Głównie poprzez efektywniejsze wykorzystanie związków tworzących z tym pierwiastkiem formy nierozpuszczalne. Dlatego w niniejszej pracy porównano zarówno związki żelaza, glinu, wapnia, jak i polielektrolity kationowe powszechnie wykorzystywane w procesie kondycjonowania osadów ściekowych.

2. Materiały i metody

Zastosowane w badaniach osady pochodziły z procesu oczyszczania wód poprodukcyjnych w gospodarstwie rybackim zajmującym się przemysłowym tuczem pstrąga tęczowego. Były one mieszaniną ekskrementów, paszy oraz zawiesiny naturalnej zawartej w wodzie z rzeki Łyny wykorzystywanej w toku produkcji.

Gospodarstwo to pobiera wodę z rzeki Łyny w ilości ok. 121 000 m³/d. Produkcja ryb prowadzona jest w basenach typu „race-way” o łącznej powierzchni 3360 m².

Badania prowadzono w laboratorium gdzie w pierwszym etapie osady poddawano zagęszczaniu grawitacyjnemu, następnie kondycjonowaniu związkami chemicznymi a w dalszej kolejności odwadnianiu. Proces odwadniania kontrolowano używając aparatu konstrukcji Coackley’a służącego do wyznaczania oporu właściwego filtracji zgodnie z metodą podaną przez Hermanowicza i wsp. [7].

Do kondycjonowania osadów wykorzystano następujące związki: techniczny siarczan żelaza (III) produkt o nazwie handlowej „PIX 113”, siarczan glinu, tlenek wapnia oraz polielektrolity kationowe których charakterystykę przedstawiono w tabeli 1.

Badania analityczne służące scharakteryzowaniu osadów obejmowały następujące oznaczenia: zawartość suchej masy (s.m.) i pozosta-

łość po prażeniu. Powyższe oznaczenia wykonano zgodnie z metodyką opisaną w Standard Methods [11].

Tabela 1. Charakterystyka polielektrolitów wykorzystanych podczas badań (wg danych producenta)

Table 1. Characteristics of polyelectrolytes used during the test (by the manufacturer)

Lp.	Producent	Nazwa polielektrolitu	Ładunek jonowy	Skala ciężaru cz.	Zakres efektyw. pH
1	Allied Coll.	Zetag 48	Poliakrylamid kationowy	Wysoka	4–9
2	Allied Coll.	Zetag 55	Poliakrylamid kationowy	Bardzo wysoka	4–9
3	Allied Coll.	Zetag 63	Poliakrylamid kationowy	Średnia	4–9
4	Jes-Chem	PAM-C-473	Poliakrylamid kationowy	Bardzo wysoka	<i>b.d.</i>

b.d. – brak danych

Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono za pomocą pakietu STATISTICA firmy STAT-SOFT. Siłę współzależności między parametrami oceniono wyznaczając współczynnik korelacji Pearsona wraz z testem istotności przyjmując poziom $\alpha=0,05$. Charakter zależności opisano wyznaczając współczynniki kierunkowe równań prostej regresji oraz przedziały ufności, co zaprezentowano w tekście lub na wykresach. Poziom istotności podano z dokładnością do 0,001.

3. Wyniki badań

3.1. Kondycjonowanie osadów siarczanem żelaza (III) – $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

W serii tej uwodnienie osadów surowych po grawitacyjnym zagęszczaniu kształtowało się od 82,89% do 95,31%, natomiast ich początkowy opór właściwy wynosił od $1,97 \cdot 10^{12}$ do $1,27 \cdot 10^{13}$ m/kg (tab. 2). Odwadnianie takich osadów bez procesu kondycjonowania powodowało spadek ich uwodnienia od 1,43% do 22,13% w zależności od ich charakterystyki. Końcowa zawartość wody w tych osadach kształtowała się od 64,22 do 92,7%. Odwadnianie ich po kondycjonowaniu siarczanem żelaza sprawiało, że osady zawierały od 63,80% do 83,10% wody.

Wyznaczone dawki optymalne siarczanu żelaza (III) zawierały się w przedziale od 0,7 do 15% s.m. (tab. 2) i uzależnione były głównie od ilości materii organicznej zawartej w osadach (rys. 1). Jednocześnie najniższe wartości oporu właściwego jaki uzyskano dla dawek optymalnych wahały się od $4,00 \cdot 10^{11}$ do $9,11 \cdot 10^{11}$ m/kg.

3.2. Kondycjonowanie osadów siarczanem glinu – $Al_2(SO_4)_3$

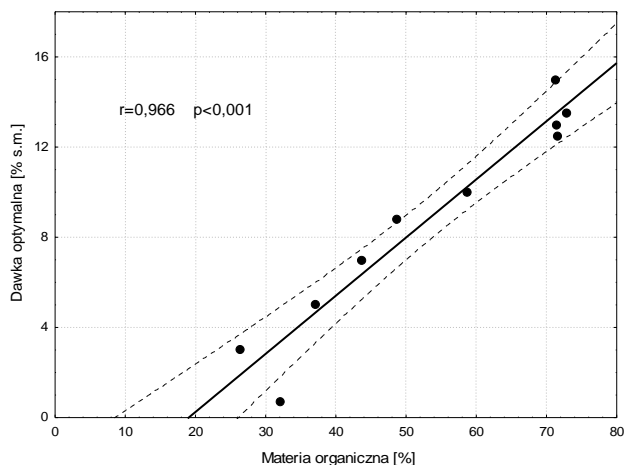
Badania przeprowadzono na osadach charakteryzujących się uwodnieniem od 81,10% do 93,83% (tab. 3). Początkowy opór właściwy tych osadów wahał się od $1,99 \cdot 10^{12}$ do $1,11 \cdot 10^{13}$ m/kg. Zawartość wody w osadach poddanych procesowi odwadniania kształtowała się w granicach od 64,05 do 85,81%. Nie stosując procesu kondycjonowania uzyskano spadek uwodnienia w granicach od 1,43% do 22,13% w zależności od ich charakterystyki. Minimalna zawartość wody w osadach kondycjonowanych dawkami optymalnymi zmieniała się od 60,84 do 82,49% i zależała od początkowego uwodnienia oraz zawartości materii organicznej w osadach (rys. 2).

Tabela 2. Opór właściwy filtracji i uwodnienie osadów surowych i kondycjonowanych siarczanem żelaza (III) oraz wyznaczone dawki optymalne
Table 2. Specific resistance filtration and hydration of raw and conditioning sludge by iron sulfate (III) and determined the optimum dose

Uwodnienie osadów po zagęszczeniu [%]	Opór właściwy osadów surowych [m/kg]	Opór właściwy osadów po kondycjonowaniu [m/kg]	Uwodnienie osadów po odwadnianiu [%]	Wyznaczona dawka optymalna [% s.m.]
85,05	$7,02 \cdot 10^{12}$	$5,25 \cdot 10^{11}$	65,50	5,0
82,89	$3,42 \cdot 10^{12}$	$6,13 \cdot 10^{11}$	65,35	3,0
92,28	$5,08 \cdot 10^{12}$	$9,00 \cdot 10^{11}$	75,85	10,0
94,19	$5,26 \cdot 10^{12}$	$9,11 \cdot 10^{11}$	78,57	13,0
95,31	$1,01 \cdot 10^{13}$	$7,94 \cdot 10^{11}$	82,40	12,5
86,78	$1,97 \cdot 10^{12}$	$6,68 \cdot 10^{11}$	63,80	0,7
88,01	$1,11 \cdot 10^{13}$	$4,00 \cdot 10^{11}$	74,73	7,0
94,13	$1,27 \cdot 10^{13}$	$7,85 \cdot 10^{11}$	83,10	15,0
93,86	$4,96 \cdot 10^{12}$	$8,48 \cdot 10^{11}$	79,40	13,5
90,38	$6,87 \cdot 10^{12}$	$7,52 \cdot 10^{11}$	79,30	8,8

Wyznaczone dawki optymalne były podobne jak w przypadku stosowania siarczanu żelazowego (III) i zawierały się w granicach od 0,6

do 15% s.m. (tab. 3). Uzyskane wartości oporu właściwego filtracji osadów kondycjonowanych dawką optymalną zawierały się w przedziale od $2,75 \cdot 10^{11}$ do $8,70 \cdot 10^{11}$ m/kg.



Rys. 1. Zależność pomiędzy zawartością materii organicznej w osadach a wyznaczoną dawką optymalną siarczanu żelaza (III)

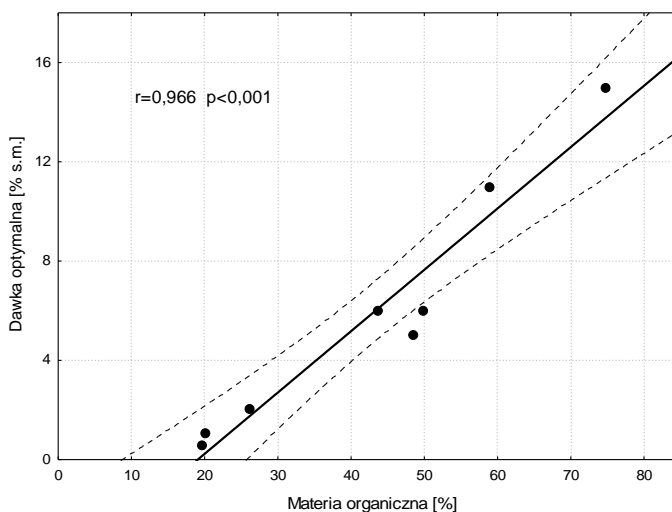
Fig. 1. The relationship between organic matter content in sludge and the optimum dose of iron (III) sulphate

Tabela 3. Opór właściwy filtracji i uwodnienie osadów surowych

i kondycjonowanych siarczanem glinu oraz wyznaczone dawki optymalne

Table 3. Specific resistance filtration and hydration of raw and conditioning sludge by aluminum sulfate and determined the optimum dose

Uwodnienie osadów po zagęszczeniu [%]	Opór właściwy osadów surowych [m/kg]	Opór właściwy osadów po kondycjonowaniu [m/kg]	Uwodnienie osadów po odwadnianiu [%]	Wyznaczona dawka optymalna [% s.m.]
80,90	$1,99 \cdot 10^{12}$	$2,75 \cdot 10^{11}$	60,84	0,6
91,59	$3,27 \cdot 10^{12}$	$7,57 \cdot 10^{11}$	74,38	6,0
83,40	$2,03 \cdot 10^{12}$	$7,22 \cdot 10^{11}$	63,00	2,1
81,10	$2,10 \cdot 10^{12}$	$3,50 \cdot 10^{11}$	62,17	1,1
93,83	$6,97 \cdot 10^{12}$	$8,70 \cdot 10^{11}$	82,49	15,0
88,01	$1,11 \cdot 10^{13}$	$8,03 \cdot 10^{11}$	69,90	6,0
92,48	$9,02 \cdot 10^{12}$	$5,66 \cdot 10^{11}$	73,70	5,0
91,91	$7,81 \cdot 10^{12}$	$7,93 \cdot 10^{11}$	79,67	11,0



Rys. 2. Zależność pomiędzy zawartością materii organicznej w osadach a wyznaczoną dawką optymalną siarczanu glinu

Fig. 2. The relationship between organic matter content in sludge and the optimum dose of aluminium sulphate

3.3. Kondycjonowanie osadów tlenkiem wapnia

Badania przeprowadzono na osadach charakteryzujących się uwodnieniem od 74,94 do 91,16%. Opór właściwy tych osadów wahał się od $8,90 \cdot 10^{11}$ do $4,91 \cdot 10^{12}$ m/kg (tab. 4). Natomiast zawartość w nich wody po odwadnianiu od 66,01 do 85,41%.

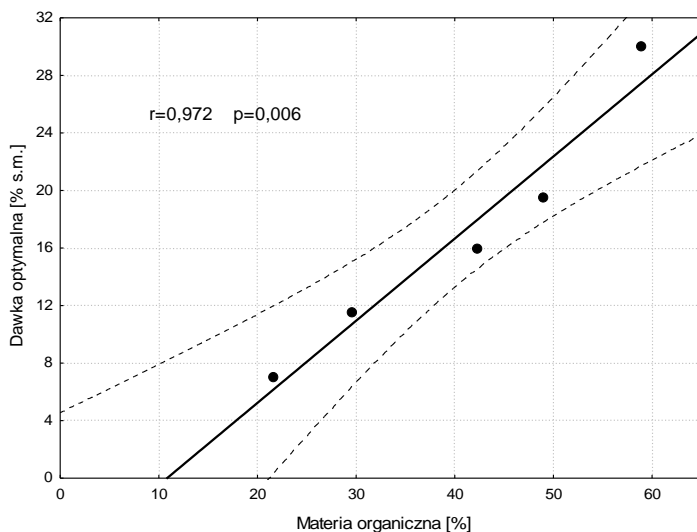
Wyznaczone dawki optymalne dla tego koagulantu zawierały się w przedziale od 7,0 do 30,0% s.m.. Uzyskany minimalny opór właściwy filtracji osadów kondycjonowanych wynosił od $1,69 \cdot 10^{11}$ do $1,25 \cdot 10^{12}$ m/kg. Natomiast minimalna zawartość wody w osadach po ich kondycjonowaniu zmieniała się od 60,87 do 70,71%. Również w przypadku tego związku dawka optymalna uzależniona była głównie od zawartości materii organicznej w osadach (rys. 3).

3.4. Kondycjonowanie osadów polielektrolitami kationowymi

Opór właściwy filtracji osadów po zagęszczaniu grawitacyjnym wahał się od $2,46 \cdot 10^{12}$ do $1,80 \cdot 10^{13}$ m/kg (tab. 5). Zawartość wody w tych osadach po odwadnianiu kształtowała się w granicach od 67,14 do 93,38%.

Tabela 4. Opór właściwy filtracji i uwodnienie osadów surowych i kondycjonowanych tlenkiem wapnia oraz wyznaczone dawki optymalne
Table 4. Specific resistance filtration and hydration of raw and conditioning sludge by calcium oxide and determined the optimum dose

Uwodnienie osadów po zagęszczeniu [%]	Opór właściwy osadów surowych [m/kg]	Opór właściwy osadów po kondycjonowaniu [m/kg]	Uwodnienie osadów po odwadnianiu [%]	Wyznaczona dawka optymalna [% s.m.]
91,16	4,91E+12	$1,25 \cdot 10^{12}$	70,71	30,0
87,61	4,38E+12	$8,73 \cdot 10^{11}$	69,20	16,0
74,94	8,90E+11	$1,69 \cdot 10^{11}$	60,87	7,0
80,27	2,42E+12	$5,38 \cdot 10^{11}$	63,83	11,5
89,32	3,98E+12	$9,63 \cdot 10^{11}$	70,21	19,5

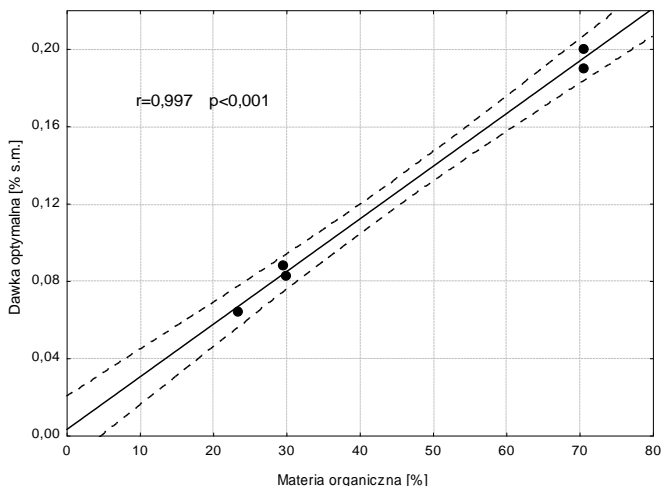


Rys. 3. Zależność pomiędzy zawartością materii organicznej w osadach a wyznaczoną dawką optymalną tlenku wapnia

Fig. 3. The relationship between organic matter content in sludge and the optimum dose of calcium oxide

Zastosowanie do odwadniania polielektrolity kationowe niezależnie od ich rodzaju wykazywały podobne właściwości i wszystkie w znacznym stopniu obniżały uwodnienie osadów. Wyznaczone dawki optymalne dla wszystkich przebadanych polielektrolitów mieściły się

w przedziale od 0,064 do 0,190% s.m. i uzależnione były również od zawartości materii organicznej w osadach (rys. 4) podobnie, jak w przypadku innych przebadanych związków.



Rys. 4. Zależność pomiędzy zawartością materii organicznej w osadach a wyznaczoną dawką optymalną polielektrolitów kationowych

Fig. 4. The relationship between organic matter content in sludge and the optimum dose of cationic polyelectrolytes

Tabela 5. Opór właściwy filtracji i uwodnienie osadów surowych i kondycjonowanych polielektrolitami kationowymi oraz wyznaczone dawki optymalne

Table 5. Specific resistance filtration and hydration of raw and conditioning sludge by cationic polyelectrolytes and determined the optimum dose

Uwodnienie osadów po zagęszczaniu [%]	Opór właściwy osadów surowych [m/kg]	Nazwa polielektrolitu	Minimalny opór właściwy [m/kg]	Uwodnienie osadów po odwadnianiu [%]	Wyznaczona dawka optymalna [% s.m.]
88,72	$9,27 \cdot 10^{12}$	Zetag 55	$1,96 \cdot 10^{11}$	68,69	0,088
94,34	$1,80 \cdot 10^{12}$	Zetag 55	$4,30 \cdot 10^{11}$	91,50	0,190
94,34	$1,80 \cdot 10^{13}$	Zetag 63	$3,78 \cdot 10^{11}$	86,90	0,190
84,83	$2,81 \cdot 10^{12}$	Zetag 48	$7,36 \cdot 10^{10}$	75,55	0,0825
84,56	$2,46 \cdot 10^{12}$	PAM-C-473	$8,36 \cdot 10^{10}$	73,20	0,064

Uzyskane najniższe wartości oporu właściwego filtracji wahały się od $7,36 \cdot 10^{10}$ do $4,30 \cdot 10^{11}$ m/kg. Jednocześnie minimalna zawartość wody w osadach po kondycjonowaniu dawkami optymalnymi zawierała się w przedziale od 68,69 do 91,50% (tab. 5).

4. Omówienie wyników

Stosując proces kondycjonowania oraz mechanicznego odwadniania uzyskano efekty obniżenia zarówno oporu właściwego jak i końcowego uwodnienia osadów. Rezultaty wskazują, że wszystkie przebadane związki wpływały na znaczne obniżenie oporu, przy czym nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy siarczanem żelaza(III) oraz siarczanem glinu.

Prezentując je w szeregu rosnącym najmniejsze dawki stosowano dla polielektrolitów kationowych (od 0,064 do 0,19% s.m.), większe dla siarczanu żelaza (od 0,7 do 15,0% sm.) i siarczanu glinu (od 0,6 do 15,0% s.m.). Natomiast, aby uzyskać porównywalne rezultaty trzeba było zastosować bardzo duże ilości tlenu wapnia (od 7,0 do 30,0% s.m.). Uzyskiwane efekty odwadniania uzależnione były głównie od zawartości materii organicznej w osadach. Wykorzystując występującą zależność pomiędzy omawianymi parametrami, które zaprezentowano na rysunkach (rys. 1, rys. 2, rys. 3, rys. 4) wyznaczono równania prostych regresji umożliwiające obliczenie wymaganych dawek optymalnych. Powyższe zależności przedstawiają się następująco:

Dla polielektrolitów kationowych:

$$Pol_{opt.} = 0,0029 + 0,0027 \cdot M_{org.} \quad (1)$$

Dla siarczanu żelaza:

$$Fe_{opt.} = -4,9055 + 0,2579 \cdot M_{org.} \quad (2)$$

Dla siarczanu glinu:

$$Al_{opt.} = -4,7096 + 0,2472 \cdot M_{org.} \quad (3)$$

Dla tlenu wapnia:

$$Ca_{opt.} = -6,183 + 0,5709 \cdot M_{org.} \quad (4)$$

gdzie:

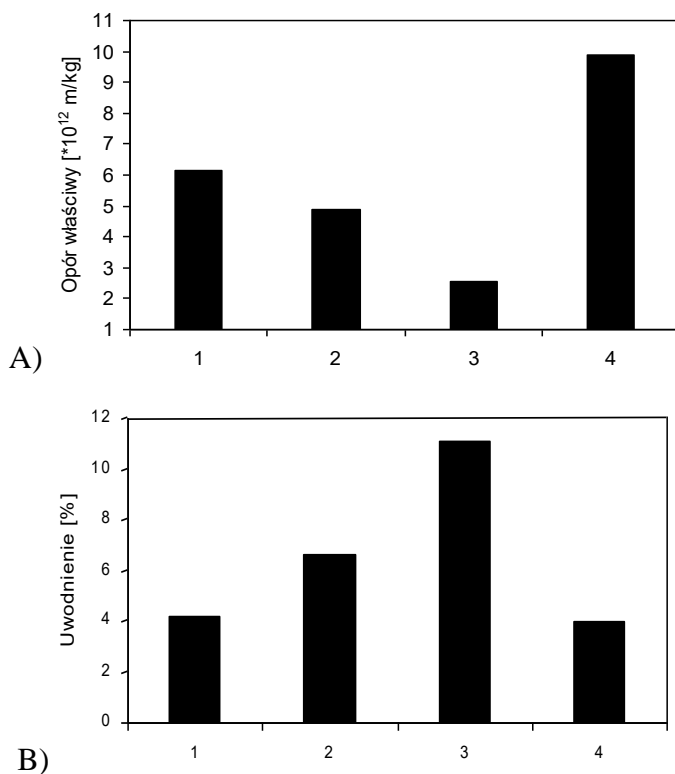
$Pol_{opt.}$, $Fe_{opt.}$, $Al_{opt.}$, $Ca_{opt.}$ – optymalna dawka środka kondycjonującego (% s.m.)

$M_{org.}$ – zawartość materii organicznej w osadach (%)

Współczynniki korelacji liniowej dla tych zależności były wysokie i wynosiły od 0,966 do 0,997.

Konieczność stosowania wysokich dawek tlenu wapnia w celu uzyskania widocznych efektów w postaci znacznego spadku uwodnienia osadów powodowało jednocześnie wzrost pH i znaczny wzrost ich objętości. O ile wzrost odczynu osadów spełnia znaczącą rolę w ich higienizacji i stabilizacji, to wzrost objętości należy uznać za efekt niepożądany. Higienizację i stabilizację osadów można uzyskać podnosząc ich odczyn powyżej pH 10. Wyznaczona podczas badań w stosunku do osadów z gospodarstwa rybackiego dawka optymalna wynosząca w granicach 7–30% zapewniała osiągnięcie powyższego pH. Natomiast za negatywny wpływ wapna można uznać zmniejszenie dostępności zawartych w osadach składników pokarmowych, głównie fosforu i azotu. Wysokie pH osadów najczęściej prowadzi do dalszych dużych strat azotu, który w formie amoniakalnej łatwo ulatnia się do atmosfery. Fosfor natomiast może wytrącać się w formie ortofosforanu trójwapniowego, która to forma jest trudno dostępna dla roślin ale fosfor również z żelazem i glinem tworzy słabo rozpuszczalne związki, co ma miejsce w przypadku stosowania do kondycjonowania osadów siarczanu żelaza(III) lub glinu.

Oprócz dawki istotnym elementem oceny środków kondycjonujących jest ich efektywność w obniżaniu oporu właściwego oraz w uzyskiwanym uwodnieniu osadów odwodnionych. Te parametry określono obliczając różnicę pomiędzy wynikami otrzymanymi z odwadniania osadów tylko po grawitacyjnym zagęszczaniu i poddany procesowi kondycjonowania. Wykazano, że opór właściwy najlepiej obniżały polielektrolity kationowe natomiast najmniejszy wpływ na ten parametr miał tlenek wapnia (rys. 5A). Odwrotnie było w przypadku końcowego uwodnienia osadów. Najmniejsze uwodnienie uzyskiwano dla osadów kondycjonowanych tlenkiem wapnia a największe dla osadów kondycjonowanych polielektrolitami kationowymi (rys. 5B). Jednak efekt niskiego uwodnienia osadów kondycjonowanych tlenkiem wapnia to nie tylko zasługa wysokiej efektywności. Wpływ na to miał również fakt, że związek ten do osadów wprowadzano w formie suchej, co zwiększało zawartość suchej masy i obniżało uwodnienie.



Rys. 5. Uzyskane efekty obniżenia oporu właściwego filtracji (A) oraz uwodnienia osadów (B) w porównaniu z osadem nie kondycjonowanym: 1 – siarczan żelaza (III), 2 – siarczan glinu, 3 – tlenek wapnia, 4 – polielektrolity kationowe

Fig. 5. The effect of reducing the proper resistance of filtration (A) and sludge hydration (B) as compare with unconditioned sludge: 1 – iron (III) sulphate, 2 – aluminium sulphate, 3 – calcium oxide, 4 – cationic polyelectrolytes

5. Wnioski

Zaprezentowane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wykorzystane w badaniach osady pochodzące z gospodarstwa rybacciego wykazywały dużą zmienność w zawartości materii organicznej ze względu na znaczny wpływ cząstek stałych zawartych w wodzie rzecznej dopływającej do basenów i usuwanymi razem z ekskrementami ryb.

2. Uwzględniając dużą zmienność charakterystyki osadów z gospodarstwa pod względem zawartości materii organicznej, osady o największej jej zawartości należy zaliczyć do bardzo trudno odwadniających się, podobnie jak to ma miejsce w przypadku większości osadów powstających w procesach biologicznego oczyszczania ścieków.
3. Wykorzystane w badaniach do kondycjonowania osadów związki wpływały na znaczne obniżenie oporu właściwego oraz uwodnienia osadów, przy czym nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy siarczanem żelaza(III) oraz siarczanem glinu. Również w przypadku wykorzystanych w badaniach polielektrolitów kationowych nie stwierdzono znaczących różnic w ich efektywności.
4. Głównym czynnikiem decydującym o dawce środka kondycjonującego była zawarta w osadach materia organiczna.
5. Największy wpływ na obniżenie wartości oporu właściwego osadów miały polielektrolity kationowe a najmniejszy tlenek wapnia.
6. Najmniejsze uwodnienie osadów uzyskiwano kondycjonując osady tlenkiem wapnia, co miało związek z zastosowaniem wysokich dawek tego środka. Natomiast najwyższe uwodnienie miały osady po kondycjonowaniu polielektrolitami kationowymi.

Literatura

1. **Bergheim A., Sanni S., Indrevik G., Holland P.:** *Sludge Removal from Salmonid Tank Effluent Using Rotating Microsieves*. *Aquacult. Engineer.* 12, 97–109 (1993).
2. **Dąbrowski T., Piecuch T.:** *Matematyczny opis technologii podczyszczania ścieków z zakładu przetwórstwa ryb*. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection)*, 7, 71–98 (2007).
3. **Ebeling J.M., Sibrell P.L., Ogden S.R., Summerfelt S.T.:** *Evaluation of chemical coagulation-flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge*. *Aquacult. Engineer.* 29, 23–42 (2003).
4. **Goldburg R., Triplett T.:** *Murky Waters: Environmental Effects of Aquaculture in the US*. Environmental Defense Fund., pp 111 (1997).
5. **Juraszka B., Piecuch T.:** *Analiza możliwości odwadniania osadów pokoagulacyjnych pochodzących ze ścieków produkcyjnych Przedsiębiorstwa DREWEXiM*. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 6, 265–289 (2004).

6. **Lin Y.F., Jing S.R., Lee D.Y., Wang T.W.:** *Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system.* *Aquaculture.* 209, 169–184 (2002).
7. **Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziarowski B., Zerbe J.:** *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków.* Arkady. Warszawa, 1999.
8. **Mäkinen T., Lindgren S., Eskelinen P.:** *Sieving as an effluent method for aquaculture.* *Aquacult. Engineer.* 7, 367–377 (1998).
9. **Rynkiewicz M.R.:** *Wpływ usuwania zanieczyszczeń stałych powstających podczas chowu pstrąga tęczowego na jakość odprowadzanych do środowiska wód poprodukcyjnych.* *Zesz. Nauk. Polit. Białost., Nauk. Tech.* 16, 294–298 (2003).
10. **Rynkiewicz M.R.:** *Efektywność stosowanej w gospodarstwach pstrągowych technologii oczyszczania wód poprodukcyjnych odprowadzanych do środowiska.* *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* vol. 506, 355–361 (2005).
11. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* Am. Public Health Assoc. Washington., pp 1268, (1985).
12. **Steeby J.A., Hargreaves J.A., Tucker C.S., Kingsbury S.:** *Accumulation, organic carbon and dry matter concentration of sediment in commercial channel catfish ponds.* *Aquacult. Engineer.*, 30, 115–126 (2004).
13. **Wong K.B., Piedrahita R.H.:** *Prototype Testing of the Appurtenance for Settleable Solids In-raceway Separation (ASSIST).* *Aquacult. Engineer.* 27, 273–293 (2003).
14. **Wysocka I., Giza M.N.:** *Comparison of the results of removing orthophosphates from sewage using the electrocoagulation method and the metal digestion method.* *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection),* 13, 1915–1925 (2011).

Intensification of Dewatering Process of Sludge from Land-based Trout Farm

Abstract

Impurities which are produced in the process of intensive fish breeding usually accumulate at the bottom of ponds and pools where the fattening is conducted, resulting in sludge rich in organic matter and biogenic elements. The sludge, consisting mainly of fish faeces and the fodder uneaten by the fish, accumulates in special zones intended for this purpose. As the experiment shows, the ability of the sludge to yield water is very poor and the sludge should be classed as poorly dewatering. Therefore, before it was dewatered in a laboratory the sludge was conditioned with inorganic compounds and cationic polyelectro-

lytes in order to facilitate the process. The inorganic compounds used for conditioning were: technical grade iron (III) sulphate – trade name “PIX 113”, aluminum sulphate and calcium oxide. The sludge was dewatered in a reduced pressure device, equipped with a Büchner funnel, which enables the determination of the specific resistance. The collected sludge contained variable amounts of dry matter and organic matter.

The study presents the results of determination of the specific resistance, final dewatering of sludge and its content of organic matter, depending on the type and amount of the conditioning agent applied. The results also allowed the determination of the doses which optimally facilitate the dewatering process and reduce the degree of sludge hydration. The process effectiveness was found to be dependent mainly on organic matter content in sludge. It was also found that the specific resistance was most reduced by cationic polyelectrolytes, while the final hydration was the lowest when calcium oxide was used. The determined optimal doses depended on organic matter content and ranged: for iron sulphate from 0.7 to 15% (d.m.), for aluminum sulphate from 0.6 to 15% (d.m.), for calcium oxide from 7 to 30% (d.m.), for cationic polyelectrolytes from 0.064 to 0.19% (d.m.) of sludge. No statistically significant differences were found in dewatering effectiveness between iron sulphate and aluminium sulphate.