



Zastosowanie osadów pot technologicznych z uzdatniania wody do poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego

Adam Masłoń, Ireneusz Opaliński
Politechnika Rzeszowska

1. Wstęp

Jednym z bardziej poważnych zaburzeń technologicznych biologicznego oczyszczania ścieków jest pęcznienie i pienienie osadu czynnego. Osad spęczniały, wywołany nadmiernym rozwojem organizmów nitkowatych, posiada niedostateczne właściwości sedymentacyjne. Prowadzą one do pogarszania efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w systemach z osadem czynnym (Bezak-Mazur i in. 2016). Poprawę właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego można uzyskać przez dawkowanie chemicznych reagentów – soli glinu, żelaza, ditlenku chloru, podchlorynu sodu (Budzińska i in. 2015), mononadsiarczanu potasu i nadsiarczanu sodu (Chład i in. 2015). Mankamentem metod chemicznych jest jednak negatywny wpływ na biocenozę osadu czynnego oraz wysokie koszty. Alternatywnie możliwe jest zatem dawkowanie mineralnych obciążników w postaci substancji pylistych, które zostają zintegrowane w matrycę łączy osadu czynnego. Efektem aplikacji mineralnych ziaren, jest poprawa struktury i gęstości osadu czynnego (Masłoń & Tomaszek 2012, Masłoń i in. 2013, Masłoń 2015, Masłoń 2016).

Procesy uzdatniania wody generują produkty odpadowe, m.in. osady pot technologiczne, do których zaliczyć można osady pokoagulacyjne z uzdatniania wód powierzchniowych (pozostałości z procesów koagulacji) oraz popłuczyny z uzdatniania wód podziemnych (wody zużyte powstające w wyniku płukania filtrów; wody popłuczne) (Piaskowski 2010). Unieszkodliwienie osadów pot technologicznych stanowi istot-

ny problem, bowiem ilość powstających osadów stanowi do 5% oczyszczanej wody i w znacznym stopniu zależy od zanieczyszczeń występujących w ujmowanej wodzie oraz dodawanych koagulantów (Juraszka & Sumara 2013, Szerzyna 2013). W zależności od układu technologicznego wśród osadów potehnologicznych wyróżnić można m.in. osady żelazowe lub glinowe. Aktualnie poszukuje się alternatywnych metod wykorzystania osadów z uzdatniania wody (Piaskowski 2010, Krajewski & Sozański 2010, Jaroszyński i in. 2011, Kyncl i in. 2012, Kida i in., 2015). W ostatnim czasie testowano osady potehnologiczne w procesie oczyszczania ścieków, np. do usuwania fosforanów ze ścieków (Totczyk i in. 2013), koagulacji (Nair i Ahammed 2015, Ahmad i in. 2016) i kondycjonowania osadów ściekowych (Li i in 2016). Ze względu na właściwości fizykochemiczne możliwe staje się wykorzystanie osadów potehnologicznych w technologii osadu czynnego, podobnie jak mineralnych substancji pylistych dawkowanych w postaci suchej.

Celem pracy są badania nad zastosowaniem osadów potehnologicznych z uzdatniania wody – osadów pokoagulacyjnych i popłuczyn, do poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego.

2. Metodyka badań

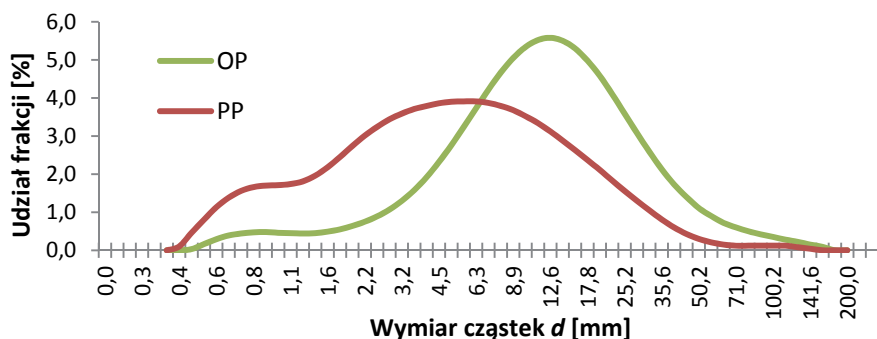
Badania nad zastosowaniem osadów potehnologicznych z uzdatniania wody do poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na podstawie testu sedymentacji i obserwacji opadalności osadu czynnego z dodatkiem zróżnicowanych ilości popłuczyn i osadu pokoagulacyjnego. W odróżnieniu od klasycznych testów sedymentacyjnych prowadzonych w lejach Imhoffa, badania wykonano w cylindrach miarowych o pojemności 1 dm³, w celu eliminacji zakłóceń opadania osadu czynnego oporem ściany leja sedymentacyjnego. W badaniach wykorzystano osad czynny, pobrany z komory nityfikacji z oczyszczalni ścieków w Rzeszowie. Osad czynny charakteryzował się właściwościami osadu spęczniałego FI = 4-6 (*filamentous index*). Indeks objętościowy osadu kształtował się na poziomie od 174,6 do 202,8 cm³/g s.m., a stężenie wynosiło 4,88-5,43 g s.m./dm³.

W badaniach wykorzystano osad pokoagulacyjny z uzdatniania wody powierzchniowej (OP) oraz popłuczyny ze stacji uzdatniania wody podziemnej (PP).

Osad pokoagulacyjny pochodził z Zakładu Uzdatniania Wody w Rzeszowie o wydajności 84 000 m³/d. Technologia uzdatniania wody wykorzystuje procesy ozonowania wstępnego, koagulacji za pomocą koagulantu PAX XL10, sedymentację, filtrację pospieszną na filtrach antracytowo-piaskowych, ozonowanie pośrednie, filtrację na węglu aktywnym oraz dezynfekcję związkami chloru. Ze względu na aplikację chlorku poliglinu w procesach oczyszczania wody osad pokoagulacyjny zawierał duże ilości glinu.

Popłuczyny zostały pobrane w Stacji Uzdatniania Wody w miejscowości Rozbórz o wydajności ok. 400 m³/d. W ZUW w Rozborzu zastosowany jest jednostopniowy układ filtracji w filtrze piaskowobrausztynowym. Płukanie filtrów odbywało się raz na trzy dni, a popłuczyny odprowadzane były do odstojnika wód popłucznych. Raz na cztery dni dokonywano zrzutu wód nadosadowych. Z kolei raz w roku odstojnik jest opróżniany. Stężenie żelaza ogólnego w popłuczynach kształtowało się na poziomie 280 mg Fe/dm³.

Zawartość suchej masy osadów pot technologicznych wynosiła 2,75% (OP) oraz 7,62% (PP). Ich konsystencja była płynna. Charakterystykę uziarnienia osadu pokoagulacyjnego i popłuczyn wyznaczono przy pomocy analizatora Mastersizer 2000 firmy Malvern Instruments Ltd. Rozkład cząstek stałych popłuczyn i osadu pokoagulacyjnego przedstawiono na rysunku 1, a parametry uziarnienia podano w tabeli 1. Skład granulometryczny przedstawiano w postaci rozkładu udziałów objętościowych, wyznaczano m.in. parametry charakterystyczne rozkładu – średnicę d_{10} , d_{50} i d_{90} odpowiadające 10%, 50% i 90% objętości zbioru cząstek. Wymiar d_{50} przyjmowano jako średnią średnicę (medianę) zbioru cząstek. Analizowane osady pot technologiczne posiadały mikrocząstki o wielkości do ok. 200 μm . Otrzymane wyniki wskazują na znaczące różnice w wielkości cząstek pomiędzy osadem pokoagulacyjnym a popłuczynami. Zdecydowanie większy rozrzut wielkości cząstek posiadały popłuczyny aniżeli osad pokoagulacyjny. W osadzie pokoagulacyjnym dominowały ziarna o wielkości od 1,5 do 20,0 μm . Natomiast w popłuczynach gros ziaren stanowiły cząstki o wymiarze 4,0-40,0 μm . Materiały zawierały niewielką ilość ziaren o wielkości powyżej 100 μm , wobec czego materiały należy uznać za drobnopyliste. Maksymalne wielkości ziaren w materiałach osiągały wielkość 158 μm (OP) oraz 141 μm (PP).



Rys. 1. Rozkład uziarnienia osadu pokoagulacyjnego (OP) oraz popłuczyn (PP)
Fig. 1. The particle-size distribution of post-coagulation sludge (OP) and backwash water (PP)

Tabela 1. Parametry uziarnienia osadu pokoagulacyjnego i popłuczyn wykorzystanych w badaniach

Table 1. Parameters characterizing the particle-size distribution of OP and PP used in these studies

| Parametr | OP | PP |
|---|-------|------|
| Średnia średnica powierzchniowa (<i>Surface Mean Diameter</i>) [μm] | 6,80 | 2,90 |
| Średnia średnica objętościowa (<i>Volume Mean Diameter</i>) [μm] | 18,0 | 9,3 |
| Średnica d_{10} [μm] | 3,6 | 1,1 |
| Średnica d_{50} [μm] | 12,6 | 5,3 |
| Średnica d_{90} [μm] | 36,6 | 21,2 |
| Rozpiętość [-] | 2,62 | 3,77 |
| Jednorodność [-] | 0,882 | 1,26 |
| Powierzchnia właściwa [m^2/g] | 0,881 | 2,07 |
| Wskaźnik jednorodności uziarnienia (C_U) | 1,95 | 2,48 |
| Wskaźnik krzywizny uziarnienia (C_C) | 0,57 | 0,54 |

Zakres testów sedymentacyjnych zawierał, w zależności od aplikowanej ilości osadu potehnologicznego, analizę opadalności V_{30} i V_{60} (objętość osadu odpowiednio po 30 i 60 min. sedymentacji) z wyznaczeniem indeksu Mohlmanna (indeksu objętościowego osadu IO), indeksu Donaldsona (indeksu gęstości osadu IG) oraz prędkości sedymentacji v_s . Dodatkowo w celu weryfikacji poprawy opadalności z dodatkiem rea-

gentów wprowadzono wskaźnik opadalności W_0 będący ilorazem V_{30}/V_{60} . Wskaźnik opadalności określa możliwości sedymentacji osadu względnie w dłuższym czasie w odniesieniu do powszechnie stosowanego indeksu objętościowego IO. W_0 może mieć znaczenie podczas eksploatacji systemów z osadem czynnym np. sekwencyjnych reaktorów porcjowych, w których podczas fazy dekantacji ścieków oczyszczonych przebiega dalej sedymentacja osadu czynnego. Znajomość wskaźnika opadalności pozwala w takich przypadkach na regulację czasu uruchamiania dekantera lub skrócenie fazy sedymentacji w cyklogramie pracy reaktora SBR. Przebieg badań laboratoryjnych był następujący: 5 zlewek o objętości $2,0 \text{ dm}^3$ napełniano 1200 cm^3 osadu czynnego, przy czym do 4 z nich wprowadzono odpowiednie objętości osadów potehnologicznych w postaci płynnej (tabela 2).

Tabela 2. Dawki osadów potehnologicznych.

Table 2. Doses of post-technological sludges.

| Material | Jednostka | Nr próbki | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|-------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Osad pokoagulacyjny | cm^3/dm^3 | 0 | 7,5 | 15,0 | 30,0 | 45,0 |
| | g/g s.m. | 0 | 0,205 | 0,41 | 0,82 | 1,24 |
| Popłuczyny | cm^3/dm^3 | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | 15,0 |
| | g/g s.m. | 0 | 0,19 | 0,38 | 0,76 | 1,14 |

W przypadku aplikacji osadu pokoagulacyjnego stosowano dawki na poziomie 7,5; 75,0, 30,0 i 45,0 cm^3/dm^3 osadu. W konsekwencji zawartość osadu pokoagulacyjnego w osadzie czynnym wynosiła odpowiednio 0,205 (1); 0,41 (2); 0,82 (3) oraz 1,24 (4) g/dm^3 . Z kolei objętość dozowanych popłuczyn w zakresie 2,5; 5,0; 10,0 i 15,0 cm^3/dm^3 prowadziła do uzyskania stężenia mikrocząstek stałych w osadzie czynnym odpowiednio na poziomie 0,19; 0,38; 0,76 i 1,14 g/dm^3 . Dawki osadów potehnologicznych zostały ustalone na podstawie poprzednich badań autora (Masłoń i in. 2013, Masłoń 2015, 2016). Poziom odniesienia (0) stanowiła próbka osadu czynnego bez dodatku reagentów. Zlewki umieszczono w mieszadle mechanicznym i przeprowadzono szybkie i wolne mieszanie. Oznaczono stężenie suchej masy osadu czynnego w próbce kontrolnej (0). Dla pozostałych próbek (1; 2; 3; 4) stężenie suchej masy osadu czynnego ustalono jako sumę osadu w próbce odniesie-

nia (0) i masy substancji pylistej wprowadzonej w postaci osadów po-technologicznych. Następnie uzupełniono cylindry miarowe badanymi próbkami osadu czynnego i przeprowadzono obserwację sedymentacji w okresie $t = 60$ min. Przeprowadzono 3 serie pomiarowe, z których wyliczono średnią arytmetyczną. Prędkość sedymentacji osadu czynnego v_s określono wg zależności (I) (van Loosdrecht i in. 2016).

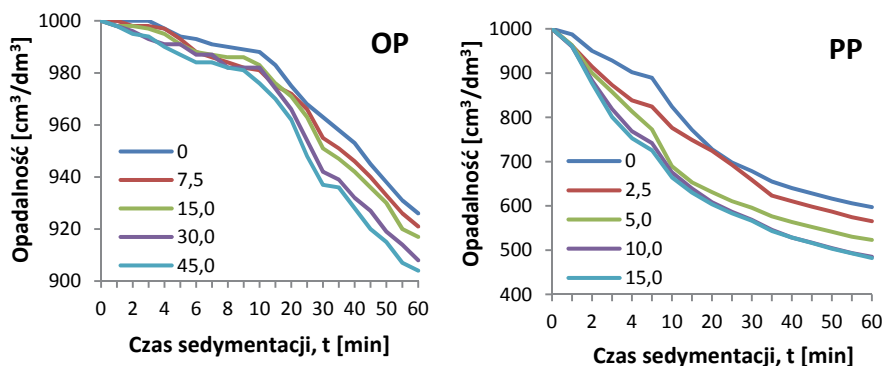
$$v_s = 17.4 \cdot e^{-0.0113 \cdot I^{10}} \text{ [m/h]} \quad (I)$$

3. Wyniki badań i dyskusja

Uzyskane wyniki badań potwierdzają korzystny wpływ dawkowania osadów po-technologicznych z uzdatniania wody jako czynnik intensyfikujący proces sedymentacji osadu czynnego. Charakterystyka osadu czynnego poddawanego testom sedymentacyjnym z dodatkiem osadu pokogulacyjnego i popłuczyn miała decydujący wpływ na uzyskane wyniki. Przeprowadzone badania opadalności wykazały zróżnicowaną skuteczność poprawy właściwości osadu czynnego w zależności od rodzaju i dawki reagentów. Zawartość osadu pokoagulacyjnego w osadzie czynnym kształtowała się na poziomie od 0,035-0,037 g/g s.m. dla dawki 7,5 cm³/dm³; 0,07-0,077 g/g s.m. dla dawki 15,0 cm³/dm³; 0,131-0,144 g/g s.m. dla dawki 30,0 cm³/dm³; 0,186-0,203 g/g s.m. dla dawki 45,0 cm³/dm³, stanowiąc odpowiednio średnią zawartość procentową na poziomie: 3,7%; 7,4%; 13,7% i 19,5%. Z kolei zawartość popłuczyn w osadzie czynnym dla dawek 2,5; 5,0; 10,0 i 15,0 cm³/dm³ wyniosła odpowiednio 0,034-0,037 g/g s.m., 0,065-0,072 g/g s.m., 0,123-0,135 g/g s.m. i 0,174-0,189 g/g s.m., efektem czego średnia zawartość procentowa osiągnęła poziom: 3,6%; 6,9%; 12,9% i 18,2%.

Przebieg opadalności osadu czynnego w próbkach z poszczególnymi materiałami był inny, o czym przemawia kształt krzywych sedymentacyjnych (rys. 2). Obserwacja wizualna wolnego mieszania oraz procesu sedymentacji w cylindrach miarowych pozwala stwierdzić, że kłaczkosy osadu czynnego wspomaganego popłuczynami były większe aniżeli przy dawkowaniu osadu pokoagulacyjnego. Podczas wolnego mieszania aglomeracja osadu czynnego i popłuczyn była zdecydowanie bardziej intensywna w porównaniu do analogicznych testów z osadem pokoagulacyjnym. Na proces inkorporacji mikrocząstek pylistych w kłaczkosy osadu czynnego może mieć wpływ wielkość poszczególnych ziaren mi-

neralnych w aplikowanych osadach poteknologicznych. Popłuczyny charakteryzowały się bowiem mniejszymi ziarnami niż osad pokoagulacyjny (rys. 1). Zawiesiny zawarte w popłuczynach stanowią układy polidispersyjne, tworzone przez cząstki o nieregularnej strukturze. Rozrzut wielkości cząstek popłuczyn również był bardzo duży, dzięki czemu następowała bardzo dobra ich agregacja w kłaczkosy osadu czynnego. Opaliński & Masłoń (2015) wykazali, że uziarnienie materiałów pylistych w istotny sposób wpływa na proces opadalności osadu czynnego. Wielkość kłaczków osadu czynnego wspomaganego ziarnami osadów poteknologicznych w dużej mierze przedłożyła się zatem na przebieg sedymentacji osadu czynnego. Kłaczkosy o niewielkich wymiarach i porach wykazywały słabą opadalność, natomiast duże i gęste kłaczkosy charakteryzują się zdecydowanie lepszą sedymentacją. Przy aplikacji osadu pokoagulacyjnego sedymentacja osadu czynnego była spokojna i zrównoważona, natomiast w przypadku dawkowania popłuczyn odnotowano w pierwszych minutach sedymentacji w miarę szybką i gwałtowną sedymentację dużych kłaczków osadu czynnego, a dalej spokojną sedymentację mniejszych kłaczków. Wraz ze wzrostem objętości osadów poteknologicznych skuteczność poprawy sedymentacji osadu czynnego ulegała zwiększaniu.

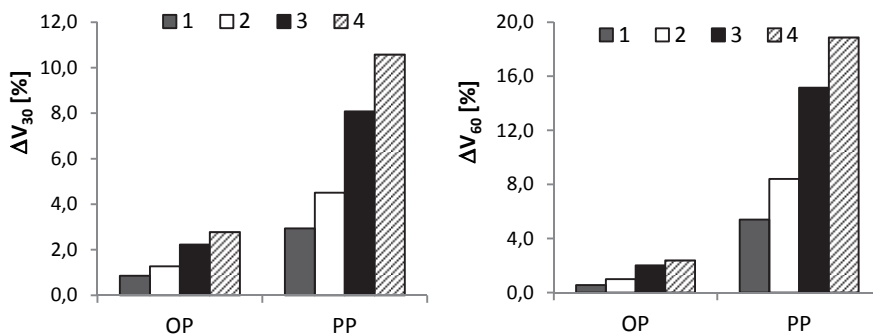


Rys. 2. Przebieg opadalności osadu czynnego z dodatkiem osadu pokoagulacyjnego (OP) oraz popłuczyn (PP)

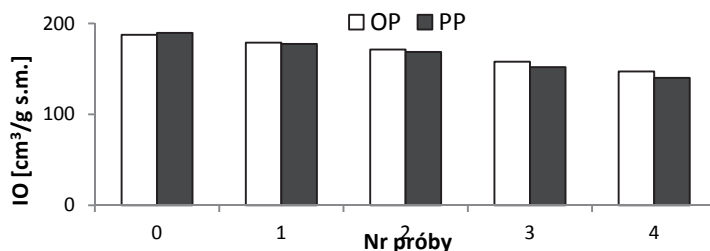
Fig. 2. Course of settleability of activated sludge with post-coagulation sludge (OP) and backwash water (PP)

Mechanizm poprawy opadalności osadu czynnego z dodatkiem osadów potehnologicznych jest trudny do określenia bowiem, z jednej strony stanowią one zawiesinę, w której obecne są mikrocząstki mineralne będące obciążnikiem kłaczków osadu czynnego. Z drugiej jednak strony obecność żelaza w PP oraz jonów glinu w OP może wpływać na proces opadalności osadu czynnego w analogiczny sposób jak aplikacja koagulantów chemicznych.

Zmniejszenie opadalności V_{30} i V_{60} , zmiana indeksu objętościowego ΔIO i wzrost indeksu gęstości ΔIG , jak również intensyfikacja prędkości osadu czynnego stanowią miarę efektywności stosowania pylistych obciążników (Masłoń i in. 2013, Masłoń 2015). Badania wykazały, że bardziej skutecznym materiałem w aspekcie poprawy opadalności osadu czynnego były popłuczyny z uzdatniania wód podziemnych. Przy porównywalnych dawkach ilościowych (tabela 2) uzyskano ponad 2-krotnie wyższą poprawę parametru V_{30} oraz ponad 3-krotnie wyższą poprawę V_{60} w obecności popłuczyn (rys. 3). Skutkiem aplikacji osadu pokoagulacyjnego oraz popłuczyn do analizowanego osadu czynnego było intensywne zmniejszenie wartości indeksu Mohlmana. Dawkowanie osadu pokoagulacyjnego spowodowało zmniejszenie IO z $187,5 \text{ cm}^3/\text{g}$ s.m. (próbka kontrolna) maksymalnie do poziomu $147,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ s.m. przy dawce $45 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ (wartość średnia). Z kolei przy dozowaniu popłuczyn osiągnięto spadek IO z poziomu $189,6 \text{ cm}^3/\text{g}$ s.m. do wartości $140,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ s.m. przy dawce $15,0 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ (rys. 4).



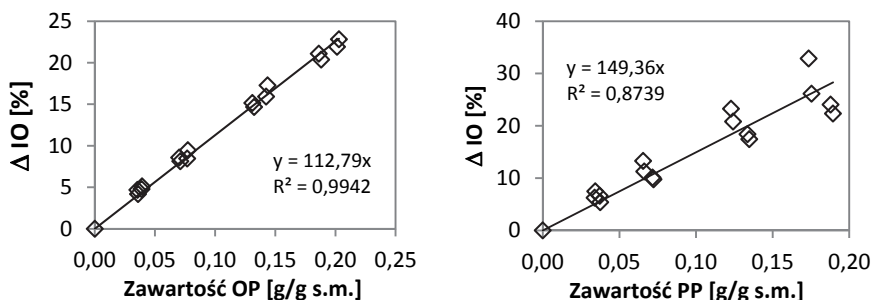
Rys. 3. Wpływ osadów potehnologicznych na poprawę opadalności analizowanego osadu czynnego; dawki (0), (1), (2), (3), (4) wg tabeli 2
Fig. 3. Impact of post-technological sludges on the improvement of activated sludge settleability; (0) (1), (2), (3), (4) doses according to table 2



Rys. 4. Wpływ osadu pokoagulacyjnego (OP) i popłuczyn (PP) na zmniejszenie indeksu objętościowego

Fig. 4. Impact of post-coagulation sludge (OP) and backwash water (PP) on decrease of sludge volume index

Wraz ze wzrostem ilości stosowanego reagenta indeks osadu czynnego ulegał obniżeniu. Stwierdzono statystycznie istotne zależności pomiędzy zawartością osadów potekhnologicznych w osadzie czynnym a zmianą indeksu objętościowego (rys. 5). Podobne zależności odnotowano w innych badaniach autora, przy czym dla najbardziej efektywnych materiałów pylistych (głina czerwona i mączka ceglana) stwierdzono związek statystyczny nieliniowy (Masłoń 2015).

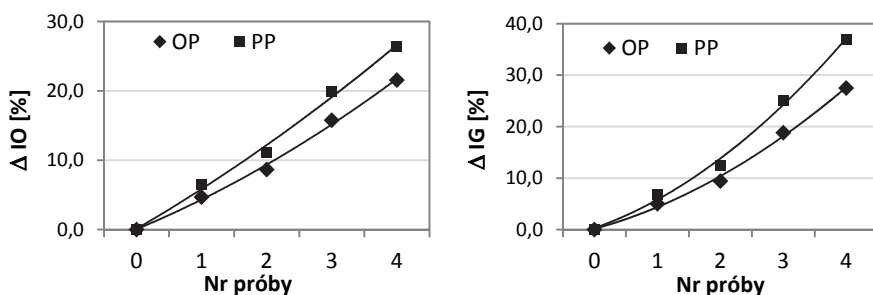


Rys. 5. Zależność pomiędzy zawartością osadu pokoagulacyjnego i popłuczyn w osadzie czynnym a zmianą wartości IO (Δ IO)

Fig. 5. The relationship between the content of post-coagulation sludge and backwash water in the activated sludge and the change in value of sludge volume index (Δ IO)

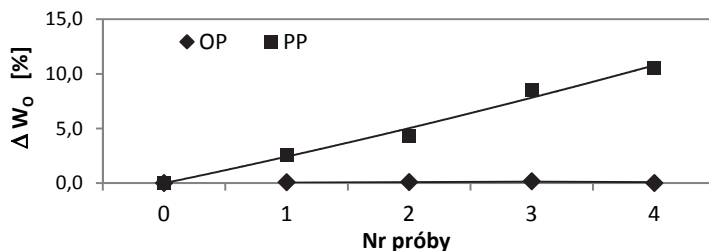
Odnotowano zróżnicowane procentowe zmniejszenie indeksu osadu czynnego oraz wzrost indeksu gęstości względem próbki kontrolnej (wyjściowej) (rys. 6). Osiągnięto maksymalnie 21,6% oraz

26,4% zmniejszenie IO odpowiednio przy dawkowaniu osadu pokoagulacyjnego i popłuczyn. Dla porównania, w innych badaniach odnotowano ponad 70% obniżenie wartości IO przy zastosowaniu pylistej gliny ceglanej przy dawce 0,5-1,0 g/dm³ (Masłoń 2015). Równoległe zaobserwowano dość duże zmiany indeksu gęstości osadu czynnego, maksymalnie 27,5% (OP) oraz 37,0% (PP). Analiza wskaźnika opadalności wykazała, że sedymentacja osadu czynnego z dodatkiem osadu pokoagulacyjnego w okresie od 30 do 60 minut nie ulegała już większym zmianom. Natomiast w obecności popłuczyn osad czynny w analogicznym przedziale czasowym nadal sedymentował, a dalej zagęszczał się (rys. 7).



Rys. 6. Wpływ osadów potehnologicznych na zmianę wartości indeksu objętościowego (ΔIO) i indeksu gęstości osadu czynnego (ΔIG)

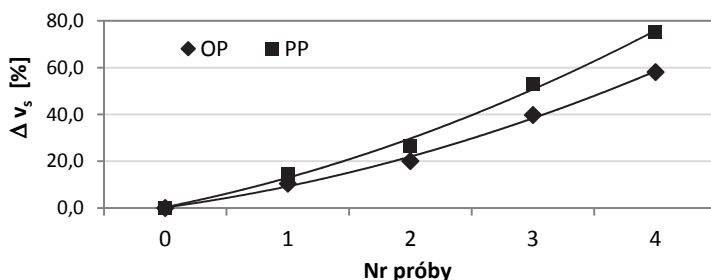
Fig. 6. Impact of post-technological sludges on change of sludge volume index (ΔIO) and sludge density index (ΔIG)



Rys. 7. Wpływ osadów potehnologicznych na zmianę wskaźnika opadalności (ΔW_0)

Fig. 7. Impact of post-technological sludges on change of sludge settleability ratio (ΔW_0)

Odzwierciedleniem poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego jest również poprawa prędkości sedymentacji. Wzrost gęstości osadu czynnego prowadzi do uzyskania wyższych wartości v_s . W badaniach uzyskano różny poziom intensyfikacji prędkości sedymentacji osadu czynnego. Średnia prędkość v_s w poszczególnych próbkach z OP kształtowała się na poziomie: 2,11 m/h (0), 2,32 m/h (1), 2,53 m/h (2), 2,93 m/h (3), 3,31 m/h (4). Natomiast w testach z popłuczynami v_s w kolejnych próbkach wyniosła: 2,06 m/h (0), 2,37 m/h (1), 2,62 m/h (2), 3,17 m/h (3) i 3,64 m/h (4). Maksymalny wzrost prędkości sedymentacji uzyskano dla najwyższych dawek reagentów, odpowiednio 58,1% (OP) oraz 75,3% (PP) (rys. 8).



Rys. 8. Zmiana prędkości sedymentacji osadu czynnego (Δv_s) w zależności od dawki osadu pokoagulacyjnego (OP) i popłuczyn (PP).

Fig. 8. The change of velocity sedimentation of activated sludge depending on dose of post-coagulation sludge (OP) and backwash water (PP).

4. Wnioski

1. Przeprowadzone badania laboratoryjne wykazały przydatność zastosowania osadów pot technologicznych z uzdatniania wody do poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego.
2. Odnotowano maksymalnie 21,6% oraz 26,4% zmniejszenie indeksu osadu czynnego odpowiednio przy dawkowaniu osadu pokoagulacyjnego i popłuczyn.
3. Maksymalny stopień poprawy wartości prędkości sedymentacji uzyskano dla najwyższych dawek osadów pot technologicznych, odpowiednio, 58,1% (OP) oraz 75,3% (PP).

4. Popłuczyny z uzdatniania wód podziemnych są bardziej efektywnym materiałem aniżeli osady pokoagulacyjne z uzdatniania wód powierzchniowych w aspekcie wspomagania sedymentacji osadu czynnego.
5. Mechanizm poprawy sedymentacji osadu czynnego z dodatkiem osadów potehnologicznych jest trudny do określenia, bowiem z jednej strony osad pokoagulacyjny i popłuczyny stanowią zawiesinę, w której obecne są cząstki mineralne o wielkości poniżej 200 μm będące obciążnikami kłaczków osadu czynnego. Z drugiej jednak strony obecność żelaza w popłuczynach i glinu w osadach pokoagulacyjnych może mieć przebieg analogiczny jak procesy chemicznego stracania z wykorzystaniem koagulantów chemicznych PIX i PAX. Wobec tego złożony hybrydowy mechanizm wspomagania osadu czynnego z użyciem osadów potehnologicznych może wynikać z synergicznego efektu obecności jonów żelaza lub glinu oraz mineralnych mikroziaren.
6. Osady potehnologiczne z uzdatniania wody mogą być wykorzystane do poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego.
7. W celu zweryfikowania uzyskanych efektów technologicznych konieczne staje się przeprowadzenie testów w pełnej skali w oczyszczalni ścieków.

Literatura

- Ahmad, T., Ahmad, K., Ahad, A., Alam, M. (2016). Characterization of water treatment sludge and its reuse as coagulant. *Journal of Environmental Management*, 182, 606-611.
- Bezak-Mazur, E., Stoińska, R., Szeląg, B. (2016). Ocena wpływu parametrów operacyjnych i występowania bakterii nitkowatych na objętościowy indeks osadu czynnego – studium przypadku. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18(2), 480-481.
- Budzińska, K., Bochenek, M., Traczykowski, A., Szejniuk, B., Pasela, R., Jurk, A. (2015). Eliminacja bakterii nitkowatych w osadzie czynnym pod wpływem wybranych koagulantów i związków utleniających. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 17(2), 1569-1586.
- Chład, Z., Grübel, K., Waclawek, S., Przywara, L. (2015). Wpływ nadsiarczanu i mononadsiarczanu na właściwości fizykochemiczne osadu czynnego. *Proceedings of ECOpole*, 9(2), 561-570.
- Jaroszyński, T., Krajewski, P., Grześkowiak, K. (2011). Praktyczne wykorzystanie osadów żelazowych z procesów uzdatniania wody. *Technologia Wody*, 2, 26-33.

- Juraszka, B. & Sumara, A. (2013). Badania efektu odwadniania osadów pokaagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej z zastosowaniem flokulantu kationowego Flopam DW 2160. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 1177-1190.
- Kida, M., Masłoń, A., Tomaszek, J.A., Koszelnik, P. (2015). *The possibilities of limitation and elimination of activated sludge bulking*, 35-49. [in:] Tomaszek, J.A. & Koszelnik P., (eds) *Progress in Environmental Engineering*. London: CRC Press, Taylor&Francis Group.
- Krajewski, P., Sozański, M.M. (2010). Możliwości i metody wykorzystania osadów z uzdatniania wody. *Technologia Wody*, 5, 30-36.
- Kyncl, M., Čihalová, Š., Jurková, M., Langarová, S. (2012). Unieszkodliwianie i zagospodarowanie osadów z uzdatniania wody. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 13(2), 11-20.
- Li, J., Liu, L., Liu, J., Ma, T., Yan, A., Ni, Y. (2016). Effect of adding alum sludge from water treatment plant on sewage sludge dewatering. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4, 746-752.
- Masłoń, A. (2015). *Rozwiązanie problemu małych oczyszczalni ścieków – ograniczenie pęcznienia i pienienia osadu czynnego w oczyszczalniach poprzez zastosowanie substancji pylistych*. XVIII Kongres Naukowo-Techniczny WOD-KAN-EKO 2015. Serock k. Warszawy, 17-18.09.2015 r.
- Masłoń A. (2016). Suplementy dla osadu czynnego. Zapobieganie spienianiu i pęcznieniu. *Kierunek WOD-KAN*, 1(630), 46-51.
- Masłoń, A. (2015). Wpływ materiałów pylistych na poprawę właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego. *Instal*, 4, 51-55.
- Masłoń, A. & Tomaszek J.A. (2012). Kierunki zastosowania mineralnych materiałów pylistych w technologii osadu czynnego – studium literatury. *Prace Naukowe Inżynieria Środowiska – Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska*, 59, 5-23.
- Masłoń, A., Tomaszek, J.A., Opaliński, I. (2013). Badania nad poprawą właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego przy zastosowaniu mineralnych substancji pylistych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 12, 490-495.
- Nair, A.T., Ahammed, M.M. (2015). The reuse of water treatment sludge as a coagulant for post-treatment of UASB reactor treating urban wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 96, 272-281.
- Opaliński, I. & Masłoń, A. (2015). *Charakterystyka uziarnienia materiałów pylistych w aspekcie wspomagania technologii osadu czynnego*. 8. Kongres Technologii Chemicznej „Surowce – energia – materiały”. Rzeszów, 30.08-4.09 2015 r.
- Piaskowski, K. (2010). Popłuczyny z uzdatniania wody podziemnej – źródło żelaza odpadowego. *Technologia Wody*, 3, 26-33.

- Szerzyna, S. (2013). Możliwości wykorzystania osadów powstających podczas oczyszczania wody. 609-617 [w:] Traczewska, T.M., (red.) Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska. Tom 3. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Totczyk, G., Klugiewicz, I., Pasela, R., Górski, Ł. (2015). Usuwanie fosforanów z wykorzystaniem osadów potehnologicznych pochodzących ze stacji uzdatniania wody. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 17(2), 1660-1673.
- van Loosdrecht, M.C.M., Nielsen, P.H., Lopez-Vazquez, C.M., Brdjanovic, D. (2016). *Experimental Methods in Wastewater Treatment*. London: IWA Publishing.

Use of Post-technological Sludge from Water Treatment to Improve Sedimentation Properties of Activated Sludge

Abstract

The aim of the paper is the evaluation of post-technological sludge from Water Treatment Plant on improvement of sedimentation properties of activated sludge. The post-coagulation sludge from surface water treatment (OP) and backwash water from groundwater treatment (PP) were used in this study. The studies were performed in the laboratory scale by observing the settleability of activated sludge with the addition of different volume of post-technological sludge. The activated sludge quality used in this study was characterised by a strong sludge bulking and a wide range of sludge volume index. For the evaluation of the efficiency of tested materials in activated sludge the settleability after 30 (V_{30}) and 60 (V_{60}) minutes, the sludge volume index SVI, the Donaldson index SDI (Sludge Density Index) and value settling velocity v_s were determined. Additionally, in order to verify of activated sludge settleability with the addition of post-technological sludge was appointed a sludge settling ratio (W_o) which is a quotient of V_{30} and V_{60} .

Studies showed the usefulness of the application of post-technological sludge from water treatment to improve of sedimentation properties of the activated sludge. Settling tests showed different efficiencies in the activated sludge settleability, depending on the type and amount of post-technological sludge. At a dosage of post-coagulation sludge and backwash water was observed up to 21.6% and 26.4% reduction of sludge volume index. The maximum level of improvement of settling velocity at the highest doses of post-technological sludge amounted to 58.1% (OP) and 75.3% (PP). Better effects of improvement of activated sludge sedimentation were obtained using backwash water than post-coagulation sludge.

The mechanism of improvement of sedimentation properties of the activated sludge containing post-technological sludge is difficult to determine. On

the one hand the post-coagulation sludge and backwash water are a suspension, wherein the mineral particles are present, which is a weight of activated sludge flocs. The incorporation of particles into flocs of activated sludge increases its relative density. On the other hand, the presence of iron ions in backwash water and aluminum ions in post-coagulation sludge may affect the sedimentation of activated sludge in the same manner as the chemical coagulant.

The backwash water or post-coagulation sludge may be a new effective reagent in activated sludge technology.

Streszczenie

Przedmiotem opracowania jest określenie wpływu osadów potehnologicznych z uzdatniania wody na właściwości sedymentacyjne osadu czynnego. Przetestowane zostały popłuczyny z uzdatniania wód podziemnych oraz osad pokoagulacyjny z uzdatniania wód powierzchniowych. Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na podstawie obserwacji opadalności osadu czynnego z dodatkiem zróżnicowanych objętości materiałów. Do oceny efektywności zastosowanych osadów potehnologicznych określono opadalność V_{30} i V_{60} (objętość osadu odpowiednio po 30 i 60 min. sedymentacji), indeks osadu czynnego, indeksu Donaldsona (indeksu gęstości osadu) oraz prędkość sedymentacji vs. Dodatkowo w celu weryfikacji poprawy opadalności z dodatkiem reagentów wprowadzono wskaźnik opadalności W_o będący ilorazem V_{30}/V_{60} . Badania wykazały przydatność zastosowania osadów potehnologicznych z uzdatniania wody do poprawy właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego. Popłuczyny z uzdatniania wód podziemnych osiągnęły najwyższe efekty wspomagania osadu czynnego. Odnotowano maksymalnie 21,6% oraz 26,4% zmniejszenie indeksu osadu czynnego odpowiednio przy dawkowaniu osadu pokoagulacyjnego i popłuczyn. Maksymalny stopień poprawy prędkości sedymentacji osiągnięto przy najwyższych dawkach osadów technologicznych, odpowiednio 58,1% (OP) oraz 75,3% (PP). Mechanizm poprawy sedymentacji osadu czynnego z dodatkiem osadów potehnologicznych jest trudny do określenia, bowiem z jednej strony osad pokoagulacyjny i popłuczyny stanowią zawiesinę, w której obecne są cząstki mineralne o wielkości poniżej 200 μm będące obciążnikiem kłaczek osadu czynnego. Z drugiej jednak strony obecność żelaza w popłuczynach i glinu w osadach pokoagulacyjnych może wpływać na proces opadalności w analogiczny sposób jak koagulanty chemiczne PIX i PAX.

Słowa kluczowe:

osad pokoagulacyjny, popłuczyny, osad czynny, osad spęczniały

Keywords:

post-coagulation sludge, backwash water, activated sludge, sludge bulking