



Wpływ wybranych koagulantów glinowych wstępnie zhydrolizowanych na poprawę jakości uzdatnianej wody

Anna Nowacka, Maria Włodarczyk-Makula
Politechnika Częstochowska

1. Wstęp

Koagulacja jest procesem powszechnie stosowanym do usuwania z wód powierzchniowych zanieczyszczeń koloidalnych, zarówno organicznych, jak i nieorganicznych oraz zawiesin trudno opadających [2,10,27,29]. Zapewnienie wysokiej efektywności koagulacji jest niezwykle ważne z punktu widzenia kolejnych procesów uzdatniania. Wynika to z możliwości zmniejszenia zapotrzebowania na środki utleniające i dezynfekujące, a w efekcie mniejsze ilości powstających ubocznych produktów utleniania (UPU) lub dezynfekcji (UPD) [1,16]. W ostatnich latach główne działania mające na celu optymalizację procesu koagulacji polegają na zmianie chemizmu tego procesu jednostkowego m.in. przez wprowadzenie nowego rodzaju koagulantów wstępnie zhydrolizowanych [14,26,28,30]. Inne badania natomiast dotyczą rozwiązań w zakresie: stosowania obciążników powstających kłaczków, parametrów mieszania, czy też recyrkulacji osadu pokoagulacyjnego [5,6,8,12,13]. Najczęściej stosowanym koagulantem w polskich stacjach uzdatniania wody jest nie-zhydrolizowany siarczan(VI)glinu $Al_2(SO_4)_3$. Coraz częściej jest on jednak zastępowany przez koagulanty wstępnie zhydrolizowane [3,9,21,25]. Doniesienia literaturowe wykazują większą efektywność tych reagentów w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych, destabilizacji koloidów o ujemnym ładunku elektrycznym oraz zanieczyszczeń wywołujących mętność wody. Ponadto są bardziej odporne na wahania temperatury

i wartości pH [7]. Do koagulantów wstępnie zhydrolizowanych zaliczane są chlorki oraz siarczany poliglinu [4,17]. Podwyższona zasadowość tego rodzaju preparatów wynika z obecności grup hydroksylowych. Miarą stopnia polimeryzacji jest współczynnik alkaliczności (r) [11].

Celem badań było porównanie skuteczności procesu koagulacji prowadzonego przy użyciu klasycznego koagulantu siarczanu(VI)glinu oraz koagulantów glinowych wstępnie zhydrolizowanych o nazwach handlowych Flokor 105V i Flokor 1ASW/B.

2. Metodyka badań

2.1. Materiał do badań

Woda do badań technologicznych (procesu koagulacji) została pobrana po procesie ozonowania wstępnego w wybranym zakładzie uzdatniania wody. Próbkę chwilową pobrano w sezonie zimowym w zakładzie uzdatniania wody, w którym działają równolegle dwa niezależne ciągi technologiczne. W obu ciągach prowadzone są te same procesy technologiczne, lecz przy różnych parametrach procesowych oraz odmiennych sposobach koagulacji, a mianowicie: koagulacja objętościowa lub kontaktowa [18,19,20]. Wybrane wskaźniki jakości wody pobranej z zakładu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości wybranych wskaźników jakości wody

Table 1. Values of selected indicators of water quality

Wskaźnik [jednostka]	Wartość
pH [-]	6,61
Temperatura [°C]	8,9
Kwasowość ogólna [mval/dm ³]	0,20
Zasadowość ogólna [mval/dm ³]	1,60
Mętność [NTU]	7,29
Barwa rzeczywista [mg Pt/dm ³]	7
Glin pozostały [mg Al]	0,044
Absorbancja UV ₂₅₄ [m ⁻¹]*	5,2
Absorbancja UV ₂₇₂ [m ⁻¹]	7,6
Specyficzna absorbancja w nadfiolecie SUVA [m ³ /gC·m]	2,02

* po sączeniu przez filtr membranowy o średnicy porów 0,45 μm

Koagulanty

W badaniach wykorzystano trzy różne koagulanty glinowe: klasyczny niezhydrolizowany siarczan(VI) glinu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ w postaci stałej (ALK) (KEMIPOL Police). Pozostałe to koagulanty wstępnie zhydrolizowane o nazwach handlowych: Flokor 1ASW/B oraz Flokor 105V wyprodukowanymi przez DEMPOL-ECO w Opolu. Te ostatnie preparaty są wodnymi roztworami polichlorosiarczanu glinu różniącymi się właściwościami fizycznymi i chemicznymi – tabela 2.

Tabela 2. Charakterystyka badanych koagulantów

Table 2. Characteristics of tested coagulants

Parametr [jednostka]	Koagulant		
	ALK	Flokor 1 ASW/B	Flokor 105V
pH [-]	3,4	3,9	3,5
Zasadowość [%]	0,0	70,0	70,0
Al [% wag.]	9,1	8,0	6,5
Al_2O_3 [% wag.]	17,20	15,12	12,28
Cl [% wag.]	0,0	5,2	4,5
Moduł masowy [Al]/[Cl]	-	1,54	1,44
Gęstość w 20°C [g/cm^3]	1,580	1,200	1,100

2.2. Badania technologiczne

Badania prowadzono z wykorzystaniem sześciostanowiskowego koagulatora wyposażonego w zlewki szklane o pojemności 2 dm³. Do próbek wody o objętości 1 dm³, pobranej z zakładu, wprowadzono koagulanty w postaci roztworów o stężeniu 1% w przyjętych dawkach (tabela 3). Szybkie mieszanie odbywało się przez 3 minuty (200 obrotów/min.), a wolne – przez 30 minut (30 obrotów/min.). Następnie próbki wody odstawiono na 60 minut do sedymentacji, po czym zdekantowano (0,6 dm³) i poddano analizie. Oznaczono takie wskaźniki jakości wody, jak: pH, zasadowość ogólna, barwa rzeczywista, mętność, glin pozostały, absorbancja UV₂₅₄, absorbancja UV₂₇₂, specyficzna absorbancja w nadfiolecie (SUVA). W badaniach koagulacji siarczanem (VI) glinu stosowano dawki z zakresu od 1,6 do 2,6 mg Al. Koagulanty wstępnie zhydrolizowane dozowano w mniejszych dawkach: od 0,4 do 1,4 mg Al.

Tabela 3. Dawki stosowanych koagulantów**Table 3.** Doses of tested coagulants

Koagulant	Dawka [mg Al]					
	I	II	III	IV	V	VI
ALK	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Flokor 1ASW/B	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
Flokor 105V						

2.3. Metodyka analityczna

Wybrane wskaźniki jakości wody oznaczono następującymi metodami: pH – metodą potencjometryczną, zasadowość ogólną – metodą miareczkową, mętność – nefelometryczną przy użyciu mętnościomierza. Barwę rzeczywistą wyznaczono zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO 7887 - Metoda C [23]. Do pomiaru absorbancji wykorzystano spektrofotometr M501 firmy Camspec LTD. Zastosowano kuwety kwarcowe o długości drogi optycznej 50 mm. Oznaczenia absorbancji UV_{254} wykonano zgodnie z metodą podaną przez US EPA [22]. W tym przypadku zastosowano kuwety kwarcowe o długości drogi optycznej 10 mm. Próbkę wody przed oznaczeniem rozpuszczonego węgla organicznego (RWO), podobnie jak absorbancji UV_{254} zostały przesączone przez filtr membranowy o średnicy porów $0,45\mu\text{m}$. Oznaczenie stężenia RWO wykonano korzystając z analizatora węgla TN/TC model multi N-C firmy Analytik Jena. Wartość SUVA [$\text{m}^3/\text{gC}\cdot\text{m}$] wyznaczono jako iloraz UV_{254} (254nm) [m^{-1}] i RWO [gC/m^3] [22]. Stężenie glinu pozostałego oznaczono zgodnie z normą PN-EN ISO 11885 [24] metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie. Wykorzystano spektrometr emisji atomowej Optima 8000 firmy Perkin Elmer. Pomiarów wykonywano przy długości fali 396 nm. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

2.4. Analiza statystyczna

Oceny skuteczności badanych koagulantów dokonano na podstawie wybranych wskaźników jakości wody, takich jak: mętność oraz absorbancja UV_{254} , mierzonych po procesie koagulacji (porównanie dla dawek optymalnych). W celu sprawdzenia, czy uzyskane różnice były istotne statystycznie zastosowano test *t-Studenta* dla różnicy dwóch nie-

zależnych próbek [31]. Wartość krytyczna dla czterech stopni swobody ($n = 3$) i poziomu ufności 95% została odczytana z tabel rozkładu *t-Studenta* i wynosiła $t_{\alpha} = 2,776$.

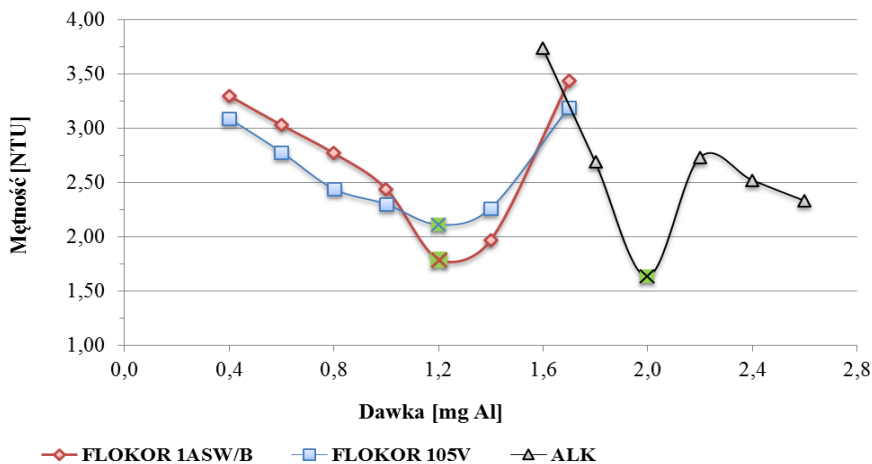
3. Wyniki badań i dyskusja wyników

3.1. Wyznaczanie optymalnej dawki stosowanych koagulantów

Optymalne dawki koagulantów wykorzystanych do badań zostały wyznaczone na podstawie wybranych wskaźników jakości wody, takich jak: mętność, barwa rzeczywista oraz absorbancja UV_{254} . Zmiany wartości mętności w zależności od zastosowanej dawki poszczególnego koagulantu zostały przedstawione na rys. 1. Zmiany barwy oraz wartości absorbancji UV_{254} zostały przedstawione odpowiednio na rys. 2 oraz Rys. 3. Dla obu koagulantów wstępnie zhydrolizowanych najbardziej korzystna była dawka wynosząca 1,2 mg Al, którą wyznaczono na podstawie zmian mętności. Dla ALK największą efektywność usunięcia mętności wody otrzymano dla dawki 2,0 mg Al.

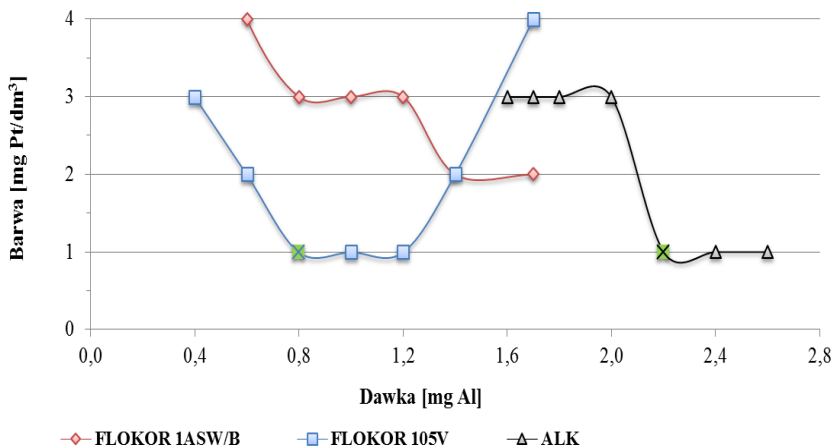
Najmniejszą wartość barwy w skali platynowej uzyskano dla Flokoru 105V dla dawek 0,8; 1,0; 1,2 mg Al. Dlatego najmniejszą wartość można uznać za najbardziej korzystną. Dla Flokoru 1ASW/B natomiast najmniejszą barwę odnotowano dla dawki 1,4 mg Al. Najbardziej korzystne efekty w usuwaniu związków barwnych, w przypadku ALK, otrzymano dla dawki 2,2 mg Al (rys. 2).

Dawka optymalna wyznaczona na podstawie pomiarów absorbancji UV_{254} dla obu koagulantów wstępnie zhydrolizowanych była na poziomie 1,4 mg Al. Dla koagulantu podstawowego, jakim był siarczan(VI)glinu, dawka optymalna była wyższa i wynosiła 2,0 mg Al (rys. 3).



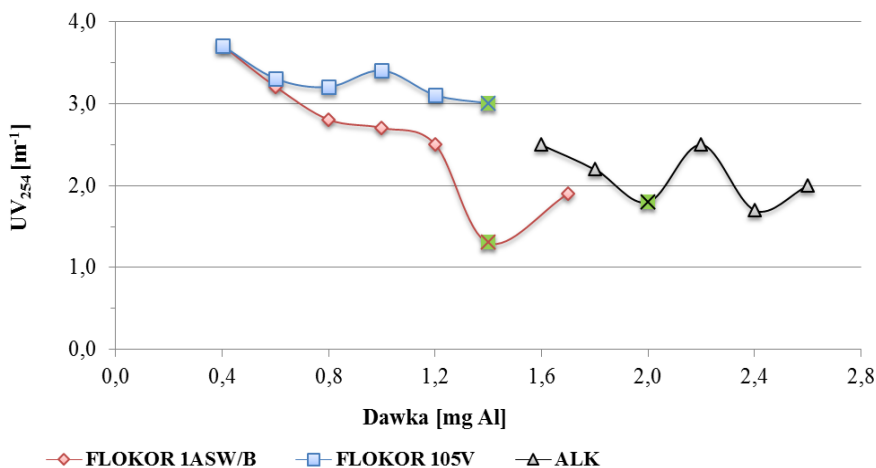
Rys. 1. Optymalne dawki stosowanych koagulantów wyznaczone na podstawie mętności (punkt x – dawka optymalna)

Fig. 1. Optimal doses of selected coagulants designated on the basis of turbidity (optimal dose - x point)*



Rys. 2. Optymalne dawki stosowanych koagulantów wyznaczone na podstawie barwy rzeczywistej (punkt x – dawka optymalna)

Fig. 2. Optimal doses of selected coagulants designated on the basis of true colour (optimal dose - x point)

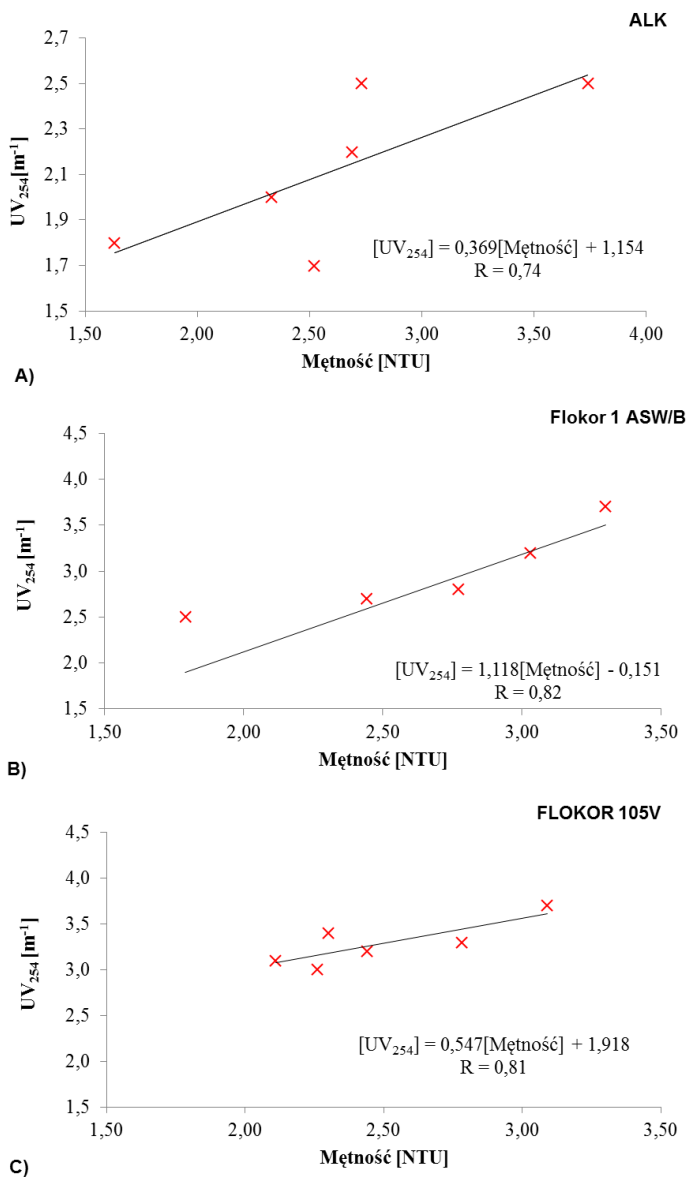


Rys. 3. Optymalne dawki stosowanych koagulantów wyznaczone na podstawie absorbancji UV₂₅₄ (punkt x – dawka optymalna)

Fig. 3. Optimal doses of selected coagulants designated on the basis of UV₂₅₄ absorbance (optimal dose – x point)

Na podstawie takich wskaźników jak: mętność, barwa i absorbancja UV₂₅₄ wyznaczone dawki optymalne wynosiły: ALK – 2,2 mg Al, a dla obu preparatów z grupy Flokor (1ASW/B, 105V) – 1,4 mg Al. Do wyznaczenia dawki optymalnej przyjęto najwyższą dawkę spośród trzech dawek optymalnych uzyskaną dla każdego koagulantu.

W przypadku obu koagulantów glinowych wstępnie zhydrolizowanych można zaobserwować widoczną zależność liniową między dwoma analizowanymi wskaźnikami (mętność oraz absorbancja UV₂₅₄). Współczynnik determinacji wynosił odpowiednio 0,82 i 0,81 dla Flokoru 1ASW/B i Flokoru 105V. W przypadku ALK odnotowano umiarkowaną zależność liniową (współczynnik determinacji = 0,74). Zależność między mętnością a absorbancją UV₂₅₄ została przedstawiona na Rys. 4 A-C.



Rys. 4. Zależność między mętnością a absorbancją UV₂₅₄: A) ALK; B) Flokor 1ASW/B; C) Flokor 105V

Fig. 4. Dependency between water turbidity and UV₂₅₄ absorbance: A) ALK; B) Flokor1ASW/B; C) Flokor 105V

3.2. Porównanie skuteczności wykorzystywanych koagulantów

W tabeli 4 zestawiono wartości wskaźników jakości wody oznaczonych po procesie koagulacji z wykorzystaniem optymalnych dawek stosowanych koagulantów.

Najniższą wartość pH uzyskano dla koagulantu niezhydrolizowanego – ALK. Dla wodnych roztworów polichlorosiarczanu glinu wartości te były wyższe i zmieniały się w zakresie 7,25–7,57. Dla koagulantów glinowych wstępnie zhydrolizowanych uzyskano mniejsze zużycie zasadowości niż w przypadku siarczanu(VI)glinu.

Tabela 4. Średnie wartości wybranych wskaźników jakości wody oznaczonych po procesie koagulacji

Table 4. The average values of analyzed indicators after coagulation process

Parametr	Koagulant		
	ALK	Flokor 1ASW/B	Flokor 105V
Dawka optymalna [mg Al]	2,2	1,4	
pH [-]	6,49	7,57	7,25
Zasadowość ogólna [mval/dm ³]	1,30	1,60	1,50
Barwa rzeczywista [mg Pt/dm ³]	1	2	2
Mętność [NTU]	2,73	1,97	2,26
Glin pozostały [mg Al]	0,868	0,590	0,362

Najwyższą efektywność usunięcia barwy uzyskano po zastosowaniu dawki optymalnej ALK (obniżenie o 85,7%). W przypadku aplikacji Flokoru 1ASW/B i Flokoru 105V po procesie koagulacji odnotowano wartość o 71,4% niższą niż w wodzie przed procesem. Wyższa skuteczność koagulantu klasycznego może być związana z zastosowaniem znacznie większej dawki niż w przypadku pozostałych dwóch preparatów handlowych. Stosowanie zwiększonej dawki może nie być konieczne. Zwłaszcza że dla pozostałych wskaźników uzyskano znacznie lepsze efekty przy mniejszych dawkach koagulantów wstępnie zhydrolizowanych. Zgodnie z wynikami zamieszczonymi w tabeli 4 największą skuteczność usunięcia mętności wody uzyskano dla Flokoru 1ASW/B (73,0%), podczas gdy dla pozostałych koagulantów była na poziomie 62,6% i 69,0% odpowiednio dla ALK i Flokoru 105V. Większa efektyw-

ność koagulantów wstępnie zhydrolizowanych w usuwaniu mętności została potwierdzona również w badaniach prowadzonych przez Zimoch i in. [32]. Wg autorów największą skuteczność w usuwaniu mętności i substancji organicznych z wody uzyskano po zastosowaniu preparatów: PAX XL19F oraz Flokor 1A. Zastosowanie Flokoru 1ASW (o właściwościach zbliżonych do badanego Flokoru 1ASW/B) przyniosło gorsze rezultaty niż w przypadku dwóch wyżej wymienionych koagulantów. Najmniejsze stężenie glinu pozostałego, które było o 58,3% mniejsze niż w przypadku siarczanu(VI)glinu, uzyskano po zastosowaniu Flokoru 105V.

Największy stopień usunięcia związków organicznych wyrażonych wskaźnikiem UV_{254} uzyskano dla Flokoru 1ASW/B (75,0%). W przypadku drugiego Flokoru (105V) skuteczność usuwania była zdecydowanie mniejsza (42,3%). Pośrednią wartość efektywności (51,9%) otrzymano przy zastosowaniu koagulantu niezhydrolizowanego. Stopień usunięcia RWO w przypadku ALK i Flokoru 105V był niewielki i zmienił się od 0,8 do 2,9%. Znaczne obniżenie stężenia RWO zaobserwowano po koagulacji Flokorem 1ASW/B (46,3%). Wyniki otrzymane dla ALK i Flokoru 105V znajdują potwierdzenie w literaturze. Mołczan i in. wykazali, że stopień usunięcia RWO w procesie koagulacji nie przekracza 25%, jeżeli wartość SUVA jest mniejsza lub równa $2,0 \text{ m}^3/\text{gC}\cdot\text{m}$ [15]. Odstępstwo od tej zależności odnotowano w przypadku Flokoru 1ASW/B. Najniższą wartość SUVA odnotowano dla dawki optymalnej Flokoru 1ASW/B, a najwyższą dla Flokoru 105V (tabela 5). Na podstawie analizy otrzymanych wyników można stwierdzić, że najwyższą skuteczność w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych wykazywał Flokor 1ASW/B jako związek o większej zawartości glinu i chlorków.

Zmiany stężenia mętności i absorbancji UV_{254} zostały porównane na podstawie analizy tych wskaźników po procesie koagulacji z wykorzystaniem optymalnych dawek różnych koagulantów. Istotność stosowanych koagulantów oceniono na podstawie testu *t-Studenta* dla różnicy dwóch niezależnych prób.

Tabela 5. Średnie wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń organicznych

Table 5. The average values of selected indicators of organic pollutants

Parametr	Koagulant		
	ALK	Flokor 1ASW/B	Flokor 105V
Dawka optymalna [mg Al]	2,2	1,4	
UV ₂₅₄ [m ⁻¹]	2,5	1,3	3,0
UV ₂₇₂ [m ⁻¹]	3,1	3,7	3,4
SUVA [m ³ /gC·m]	1,06	1,00	1,25

Tabela 6. Wartości rozkładu *t-Studenta* (t_d) przy $t_i=2,776$

Table 6. Values of Student-t distribution (t_d) with $t_i=2.776$

Koagulanty	Wartość rozkładu <i>t-Studenta</i> (t_d)	
	Mętność	UV ₂₅₄
ALK vs. Flokor 1ASW/B	13,68	16,100
ALK vs. Flokor 105V	10,08	16,000
Flokor 1ASWB vs. Flokor 105V	4,06	26,000

Analiza statystyczna wykazała, że we wszystkich badanych przypadkach różnice w stosowaniu koagulantów były statystycznie istotne dla przebiegu procesu koagulacji, zarówno w przypadku mętności, jak i absorbancji UV₂₅₄ (tabela 6). Wyliczona wartość rozkładu *t-Studenta*, dla przyjętych warunków eksperymentalnych, była wyższa od wartości teoretycznej odczytanej z tablic rozkładu ($t_d > t_i$).

4. Wnioski

Zastosowanie wstępnie zhydrolizowanych roztworów wodnych polichlorosiarczanu glinu (Flokor 1ASW/B, Flokor 105V) w procesie koagulacji pozwoliło na poprawę jakości wody w porównaniu z reagentem niezhydrolizowanym (siarczan(VI)glinu). Jednocześnie dawka tych koagulantów była mniejsza (o 36,4%). Na podstawie analizy uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

- najlepszą efektywność procesu koagulacji odnotowano po zastosowaniu Flokoru 1ASW/B (najmniejsze zużycie zasadowości wody, obniżenie wartości mętności o 73,0%),
- największą skuteczność (odpowiednio o 46,3% i 75,0%) w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych wyrażonych wskaźnikiem RWO oraz absorbancji UV_{254} uzyskano w procesie koagulacji Flokorem 1ASW/B,
- najniższe stężenie glinu pozostającego w wodzie po procesie koagulacji objętościowej odnotowano po zastosowaniu Flokoru 105V.

Kolejna seria badań planowana jest w sezonie letnim w celu uwzględnienia sezonowej zmienności jakości wód powierzchniowych. Pozwoli to na porównanie wybranych wskaźników jakości wody w dwóch porach roku oraz weryfikację wyznaczonych dawek koagulantów i efektywności procesu koagulacji. Do pełnej oceny testowanych koagulantów konieczne jest także oszacowanie kosztów zamiany klasycznego siarczanu(VI)glinu na koagulant glinowy wstępnie zhydrolizowany. Pozwoli to sprawdzić, czy zmniejszenie dawki optymalnej nowego koagulantu i jego większa skuteczność wpływają korzystnie na koszty eksploatacyjne procesu koagulacji.

Pracę zrealizowano w ramach BS/MN-402-304/12 i BS-PB-402-301/11

Literatura

1. **Anielak A.M.:** *Uboczne produkty procesu utleniania i dezynfekcji.* Technologia Wody, 6, 24–27 (2012).
2. **Dąbrowska L., Rosińska A.:** *Usuwanie PCB i jonów metali ciężkich z wody powierzchniowej w procesie koagulacji.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15, 1228–1242 (2013).
3. **Duan J., Gregory J.:** *Coagulation by hydrolysing metal salts.* Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 100 – 102, 475–502 (2003).
4. **Ghernaout D., Ghernaout B., Kellil A.:** *Natural organic matter removal and enhanced coagulation.* Desalination and Water Treatment, Vol. 2, 203–222 (2009).
5. **Gumińska J., Kłos M.:** *Ocena możliwości optymalizacji procesu koagulacji – doświadczenia z eksploatacji układów technologicznych z sedymentacją i flotacją ciśnieniową.* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 5, 194–197 (2011).

6. **Gumińska J., Klos M.:** *Doświadczenia z eksploatacji układu dwustopniowej koagulacji podczas oczyszczania wody zanieczyszczonej naturalną materią organiczną.* Technologia Wody, 3, 52–55 (2011).
7. **Gumińska J., Klos M.:** *Analysis of post-coagulation properties of flocs in terms of coagulant choice.* Environment Protection Engineering, Vol. 38, 103–113 (2012).
8. **Juraszka B., Sumara A.:** *Odwadnianie osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej z zastosowaniem flokulantu Optifloc A-120HMW.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15, 1098–1110 (2013).
9. **Juraszka B., Sumara A.:** *Badania efektu oczyszczania ścieków produkcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie koagulacji z zastosowaniem koagulantu PAX XL 19F i PIX 113.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12, 663–688 (2010).
10. **Kowal A.L., Świdarska - Bróz M.:** *Oczyszczanie wody.* PWN, Warszawa 2009.
11. **Krupińska I.:** *Koagulanty wstępnie zhydrolizowane.* Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego 141, Seria: Inżynieria Środowiska, 21, 126–137 (2011).
12. **Krupińska I.:** *Przydatność koagulacji w oczyszczaniu wody podziemnej,* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 14, 491–501 (2012).
13. **Klos M.:** *Algorytmy sterowania procesem koagulacji z wykorzystaniem pomiaru prądu strumieniowego i liczby cząstek [w] Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, Tom I, red. Z. Dymaczewski, J. Jeż-Walkowiak, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań (2012).*
14. **Loua I., Gong S., Huang X., Liu Y.:** *Coagulation optimization for low temperature and low turbidity source water using combined coagulants: a case study.* Desalination and Water Treatment, Vol. 46, 107–114 (2012).
15. **Molczan M., Szlachta M., Karpińska A., Bilyk A.:** *Zastosowanie absorbancji właściwej w nadfiolecie (SUVA) w ocenie jakości wody.* Ochrona Środowiska, 4, 11–16 (2006).
16. **Nawrocki J.:** *Uboczne produkty utleniania i dezynfekcji wody-doświadczenia ostatnich 30 lat.* Ochrona Środowiska, 27(4), 3–12 (2005).
17. **Nawrocki J., Biłozor S.:** *Uzdatnianie wody. Procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne.* PWN, Warszawa-Poznań 2010.
18. **Nowacka A., Włodarczyk-Makuła M., Sperczyńska E., Turek A.:** *Zmiany stężenia ogólnego węgla organicznego w wodzie podczas procesów uzdatniania.* Technologia Wody, 1, 14–17+23 (2013).

19. **Nowacka A., Panasiuk D.:** *System zaopatrzenia w wodę oraz technologie uzdatniania wody ze zbiornika Goczalkowice. Raport Zintegrowany System Wspomagający Zarządzaniem i Ochroną Zbiornika Zaporowego*, Katowice 2011.
20. **Nowacka A., Włodarczyk-Makula M., Macherzyński B.:** *Zmiany stężenia azotu amonowego i azotanowego podczas uzdatniania wody w Zakładzie Uzdatniania Wody Goczalkowice. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego 145, Seria: Inżynieria Środowiska, 25, 47–56 (2012).*
21. **Pernitsky D., Edzwald J.:** *Selection of alum and polyaluminum coagulants: Principles and applications. Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, Vol. 55, 121–141 (2006).*
22. **Poter B.B.:** *Determination of total organic carbon and specific UV absorbance at 254 nm in source water and drinking water, USEPA (2005).*
23. **Polska Norma PN-EN ISO 7887. Jakość Wody. Badanie i oznaczanie barwy. Styczeń (2012).**
24. **Polska Norma PN-EN ISO 1188. Jakość Wody. Oznaczenie 33 pierwiastków metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie. Listopad (2001).**
25. **Rak, M. Świdarska-Bróż, M.:** *On the advantages of using prehydrolysed aluminum coagulants. Environment Protection Engineering, Vol. 27(3–4), 5–17 (2001).*
26. **Sinh S., Yoon Y., Amy G., Yoon J.:** *Determining the effectiveness of conventional and alternative coagulants through effective characterization schemes. Chemosphere, Vol. 57, 1115–1122 (2004).*
27. **Świdarska R., Anielak A.M.:** *Koagulacja wód powierzchniowych z udziałem substancji wspomagających. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 6, 139–158 (2004).*
28. **Świdarska R., Anielak A.M.:** *The significance of electrokinetic potential in the adsorption process of humic substances, Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 6, 31–49 (2004).*
29. **Świdarska-Bróż M., Wolska M.:** *Usuwanie frakcji ogólnego węgla organicznego z wody powierzchniowej w procesie koagulacji. Ochrona Środowiska, 33, 1, 9–12 (2011).*
30. **Tzoupanos N.D., Zouboulis A.I.:** *Preparation, characterisation and application of novel composite coagulants for surface water treatment, Water Res., 45, 3614–3626 (2011).*
31. **Zgirski A., Gondko R.:** *Obliczenia biochemiczne. PWN, Warszawa 2010.*
32. **Zimoch I., Kotlarczyk B., Soltysik A.:** *Zastosowanie koagulantów wstępnie zhydrolizowanych do intensyfikacji oczyszczania wody w wodociągu Czaniec. Ochrona Środowiska, 29, 3, 45–49 (2007).*

Impact of Selected Pre-Hydrolyzed Aluminum Coagulants on Improving of Treated Water Quality

Abstract

The purpose of the present study was to compare the effectiveness of coagulation process conducted using classical non-hydrolyzed coagulant - aluminum(VI)sulfate and pre-hydrolyzed coagulants: Flokor1ASW/B and Flokor 105 V. Water samples subjected to coagulation were collected from selected water treatment plant after pre-ozonation process. Instantaneous samples were taken in winter season. True colour of water amounted 7.0 mg Pt/L and turbidity was 7.29 NTU. The study in laboratory scale was carried out with the usage of a six beaker flocculator. Volumetric coagulation was performed in water samples of the volume of 1 L. In six beakers, rapid-mixing (3 min at the rotational speed of 200 rpm) was followed by 30 min slow mixing (at 30 rpm). After coagulation the samples were subject to 60 min sedimentation. The coagulant dose was optimized for minimum colour, turbidity and UV_{254} absorbance values using conventional jar testing procedures. The coagulation performance was examined with a range of dosages 0.4-1.4 mg Al/L for pre-hydrolyzed coagulants. In case of aluminum(VI)sulfate ranged from 1.6-2.6 mg Al/L. The optimum dose for aluminum(VI)sulfate amounted 2.2 mg Al/L. For prehydrolyzed coagulants, the doses were much lower, i.e. 1.4 mg Al/L. Also less wear of water alkalinity was obtained than in case of aluminum(VI)sulfate. The effectiveness of removal of turbidity for ALK, Flokor 1ASW/B and Flokor 105V was 62.6%, 73.0% and 69.0% respectively. Effectiveness of coagulants was compared on the basis of concentration of selected water quality indicators (turbidity, absorbance at 254 nm) after coagulation process (for optimal doses). For the assessment if the differences were statistically significant Student's t test for difference of two independent trials was used. In all examined cases it was found that the use of different types of coagulants is statistically significant for the achieved effects of coagulation. Calculated values were higher than theoretical. ($t_d > t_t$). The use of pre-hydrolyzed aluminum coagulants improves the efficiency of the coagulation process, and reduce the wear of coagulants in comparison with previously used aluminum(VI)sulfate. After application of Flokor 1ASW/B the best results (among the investigated coagulants) for the chosen contaminant removal were obtained, more than 46,3% decrease of DOC and 75,0% decrease of UV_{254} absorbance.

Słowa kluczowe: koagulanty glinowe, jakość wody, absorbancja

Key words: aluminum coagulants, water quality, absorbance