



Zmiany absorbancji w nadfiolecie (UV₂₅₄) w wodzie w procesach uzdatniania

Anna Nowacka, Maria Włodarczyk-Makuła*

W pracy przedstawiono wyniki analiz jednego ze wskaźników jakości wody jakim jest absorbancja w nadfiolecie (UV₂₅₄). Próbki wody pobrano po poszczególnych etapach uzdatniania wody do spożycia przez ludzi w wybranym zakładzie. Średnia wartość absorbancji (UV_{254nm}^{1m}) w wodzie surowej wynosiła 11,1. Podczas uzdatniania nastąpiło obniżenie wartości początkowej o 70%, co świadczy o wysokiej skuteczności prowadzonych procesów. Po procesie ozonowania wstępnego i koagulacji objętościowej odnotowano spadek zawartości substancji organicznych wyrażanych badanym wskaźnikiem o 54%, a po ozonowaniu wstępnym i koagulacji kontaktowej - o 56% w stosunku do wartości początkowej oznaczonej dla wody surowej. Zarówno w procesie ozonowania pośredniego i filtracji na węglu aktywnym obniżenie wartości absorbancji w nadfiolecie sięgało 20%.

Wstęp

Woda przeznaczona do spożycia przez ludzi, na potrzeby gospodarcze i przemysłowe musi zostać poddana procesom oczyszczania. W zależności od substancji, które muszą zostać usunięte z wody stosowane są, co związane jest z rodzajem czerpanej wody (powierzchniowe, podziemne), odpowiednie procesy uzdatniania (koagulacja, filtracja, utlenianie chemiczne, adsorpcja) oraz różne układy technologiczne. Koagulacja jest wykorzystywana w przypadku, gdy w wodzie surowej występują substancje powodujące mętność, barwę oraz wysokie stężenia rozpuszczonego węgla organicznego (RWO). W tym procesie następuje usunięcie barwy i mętności, a także zmniejszenie zawartości węgla organicznego co zmniejsza zapotrzebowanie na ozon i chlor [1]. Podczas procesu filtracji

usuwane są cząstki o średnicy powyżej 0,1 μm. Wśród filtrów najczęściej stosowane są powolne i pospieszne. Filtry pospieszne, w porównaniu z filtrami powolnymi, charakteryzują się większą wydajnością i łatwiejszym sposobem oczyszczania złoża. Wykorzystywane są do uzdatniania wody po wstępnym oczyszczeniu metodami fizycznymi i chemicznymi. Są stosowane głównie w celu zatrzymywania zawieszin naturalnych lub powstałych podczas koagulacji, usuwania związków manganu i żelaza oraz przyspieszenia procesu koagulacji [2]. Kolejnym procesem uzdatniania wody jest utlenianie. Do najczęściej stosowanych utleniaczy zalicza się ozon i chlor. Stosuje się pośrednie i końcowe procesy utleniania, których celem jest:

– usuwanie substancji wywołujących smak, zapach i barwę wody,

– usuwanie siarczków i siarkowodoru,
– unieszkodliwianie fito- i zooplanktonu,
– dezynfekcję końcową [3].

Adsorpcja stosowana jest w celu usuwania substancji organicznych pochodzenia naturalnego oraz antropogenicznego, takich jak: WWA, pestycydy, substancje powierzchniowo czynne (SPC). Najczęściej stosowanym adsorbentem jest węgiel aktywny (pylisty węgiel aktywny - PWA lub granulowany węgiel aktywny - GWA) [4]. Z punktu widzenia jakości wody istotnym składnikiem są substancje organiczne. Wskaźnikami zawartości związków organicznych w wodzie przeznaczonej do spożycia, jakie oznacza się podczas bieżącej kontroli w zakładach uzdatniania wody, są m.in.: barwa, utlenialność z KMnO₄, ChZT (z K₂Cr₂O₇), ogólny węgiel organiczny (OWO), BZT₅ oraz absorbancja UV₂₅₄.

W Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z późn. zm. podano dopuszczalne wartości parametrów takich, jak barwa, OWO oraz utlenialność KMnO₄ jako wskaźników zanieczyszczenia wody związkami organicznymi. Wartość absorbancji UV₂₅₄ w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi nie jest regulowana przez polskie akty prawne [5].

Absorbancja w nadfiolecie (UV₂₅₄) umożliwia oznaczenie frakcji rozpuszczonego węgla organicznego (RWO) [6] oraz związków organicznych charakteryzujących się wysoką zawartością pierścieni aromatycznych, które są prekursorami ubocznych produktów dezynfekcji (UPD) lub utleniania (UPU). Oznaczenie wartości absorbancji umożliwia także przewidywanie reaktywności



elementów aromatycznych (w czasie chlorowania). Absorbancji w UV_{254} nie wykazują cukry, eter, alkohole, nasycone kwasy karboksylowe, w przeciwieństwie do kwasów humusowych, fenoli, lignin oraz innych związków posiadających w swym składzie pierścienie aromatyczne [7]. Ze względu na zależność z tworzeniem UPD/UPU absorbancja w UV_{254} jest ważnym wskaźnikiem oceny skuteczności procesów uzdatniania wody [8].

Ponadto wartość absorbancji w UV_{254} poza RWO, uwzględnia się w przypadku oznaczania absorbancji właściwej w nadfiolecie (SUVA [m^2/gC]). Określenie wartości SUVA umożliwia jakościową ocenę

zawartych w wodzie związków organicznych oraz ocenę skuteczności procesu koagulacji [7,8]. Celem pracy było określenie zmian wartości absorbancji w nadfiolecie w wodzie, jako wskaźnika zawartości substancji organicznych, po kolejnych etapach procesu uzdatniania.

Metodyka badań

Próbki wody zostały pobrane jednokrotnie po kolejnych etapach uzdatniania (próbki chwilowe) w wybranym zakładzie uzdatniania wody powierzchniowej. Poboru dokonano w sezonie zimowym. W tab. 1 przedstawiono miejsca poboru próbek wody. Woda surowa poddawana jest procesowi ozono-

wania wstępnego, następnie prowadzona jest koagulacja (klasyczna i równolegle kontaktowa z wykorzystaniem pulsatorów). Kolejnym etapem jest filtracja na filtrach piaskowych pospiesznych. Stąd woda jest kierowana do pompowni międzyobiektywnej. Przed dopływem na filtry węglowe poddawana jest procesowi ozonowania pośredniego. Po procesie adsorpcji woda jest poddawana dezynfekcji z wykorzystaniem gazowego chloru. Uzdatniona woda dopływa do przepompowni, a następnie siecią magistralną jest przekazywana odbiorcom. Wartość absorbancji w nadfiolecie wyznaczono w oparciu o metodę pomiaru absorbancji w nad-

fiolecie UV_{254} podawaną przez US EPA [9].

$$UV_{254} = \frac{A}{d} \text{ [cm}^{-1}\text{]}$$

gdzie:
 UV_{254} – absorbancja w nadfiolecie,
 A – absorbancja UV_{254} próbki przefiltrowanej,
 d – długość drogi optycznej kuwety [cm].

W literaturze wartość absorbancji podawana jest również w [m^{-1}] i wtedy używa się zapisu UV_{254nm}^{1m} [8,10]. Oznaczenie wykonano z wykorzystaniem spektrofotometru M501 firmy Camspec LTD. Do oznaczania stosowano kuwety kwarcowe o długości drogi świetlnej 1cm.



THE LINDE GROUP

Linde

Z górnej półki.

HiQ® – gazy specjalne, oprzyrządowanie i usługi.

W metodach analitycznych i pomiarowych, a także w procesach przemysłowych o wysokich wymogach technologicznych liczy się jakość i precyzja. HiQ® to najlepsze, co firma Linde może zaoferować w zakresie czystości gazów, dokładności mieszanek gazowych i zaawansowania technologicznego osprzętu. HiQ® zapewnia odpowiedni poziom jakości, bezpieczeństwa i komfortu użytkowania w każdym aspekcie związanym z gazami specjalnymi.

HiQ®. Dla nas liczy się precyzja. We wszystkim, co robimy.



Linde Gaz Polska Sp. z o.o.
 al. Jana Pawła II 41 a, 31-864 Kraków
 Telefon: +48 12 643 92 00, Fax: +48 12 643 93 00
 www.linde-gaz.pl/gazyspecjalne

HiQ® jest zarejestrowanym znakiem towarowym Grupy Linde.

Tabela 1. Punkty poboru próbek wody po kolejnych etapach uzdatniania wody

Nr próbki	Punkt poboru próbki wody	Nr próbki	Punkt poboru próbki wody
1	woda surowa	1	woda surowa
2	po ozonowaniu wstępnym i koagulacji objętościowej (koagulant - siarczan (VI) glinu)	5	po ozonowaniu wstępnym i koagulacji kontaktowej (koagulant - siarczan (VI) glinu)
3	po sedymentacji	6	po filtracji na filtrach piaskowych pospiesznych
4	po filtracji na filtrach piaskowych pospiesznych		
7	po wstępnym przygotowaniu (ozonowanie wstępne, koagulacja, sedymentacja, filtracja)		
8	po ozonowaniu pośrednim		
9	po adsorpcji na filtrach z węglem aktywnym		
10	po dezynfekcji końcowej (chlorowaniu) - woda kierowana do sieci		

Wyniki badań i dyskusja

Zmiany wartości absorbancji UV_{254nm}^{1m} na kolejnych etapach uzdatniania wody przedstawiono na rys. 1. Najwyższą wartość badanego wskaźnika odnotowano dla wody surowej.

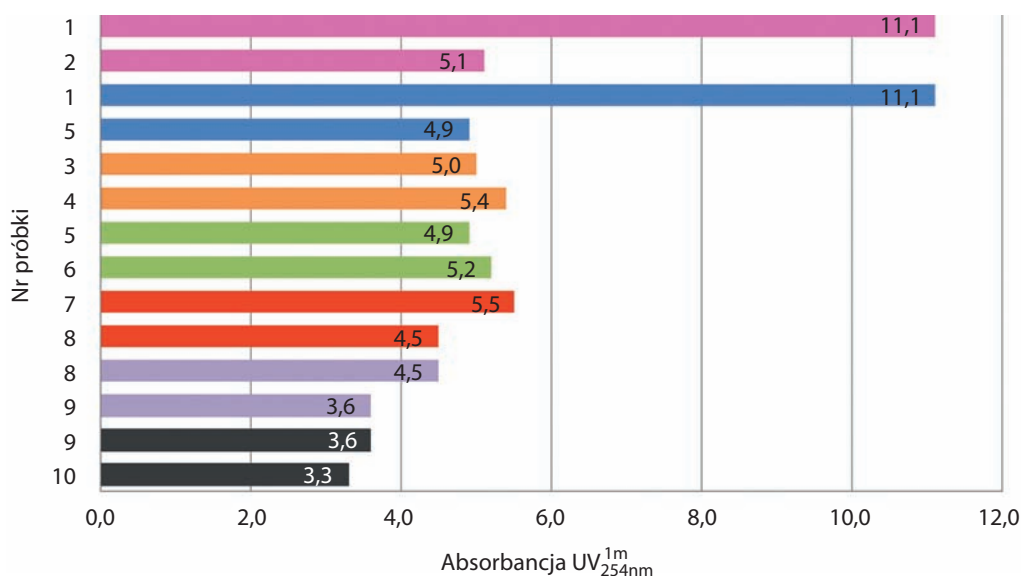
Wartość absorbancji UV_{254nm}^{1m} w wodzie surowej wynosiła 11,1. Znaczny spadek (54%) zaobserwowano po etapie ozonowania wstępnego i koagulacji oraz po ozonowaniu wstępnym i pulsatorach (56%). Może to świadczyć o lepszej efektywności koagulacji prowadzonej przy użyciu pulsatorów. Wysoka skuteczność ozonowania w usuwaniu związków organicznych wynika z tego, że ozon łatwo reaguje ze związkami aromatycznymi (zarówno z pierścieniami aromatycznymi, jak i łańcuchami pobocznymi). Ma wpływ również na rozpad podwójnych wiązań między atomami węgla w cząsteczce [3,11]. W wodzie poddawanej filtracji na filtrach piaskowych pospiesznych, odnotowano niewielki wzrost wartości badanego wskaźnika. Może to wynikać z obecności w złożu

pewnej ilości substancji organicznych, które nie zostały usunięte podczas oczyszczenia złoża filtracyjnego w czasie płukania. W procesie ozonowania pośredniego zaobserwowano obniżenie wartości absorbancji UV_{254nm}^{1m} od 5,5 do 4,5 (18%). Podobny ubytek substancji organicznych wyrażanych przez absorbancję w nadfiolecie (20%), odnotowano w czasie procesu adsorpcji na węglu aktywnym (od 4,5 do wartości 3,6). W procesie dezyn-

fekcji chlorem dodatkowo odnotowano obniżenie absorbancji UV_{254nm}^{1m} z 3,6 do 3,3 (8%). Ta wartość odpowiada absorbancji w wodzie przeznaczonej do zasilania sieci. Mimo, że w procesie chlorowania mogą powstawać chlorowe pochodne związków organicznych, końcowa dezynfekcja tym reagentem jest niezbędna do utrzymania uzyskanej jakości wody w sieci wodociągowej. Ozonowanie, ze względu na nietrwałość ozonu w wodzie, nie

zabezpieczałoby wody przed wtórnym zakażeniem bakteryjnym podczas przesyłu wody w sieci [3].

Analiza absorbancji UV_{254nm}^{1m} próbek wody pobranych na kolejnych etapach uzdatniania pozwoliła na przeanalizowanie zmian tego wskaźnika na poszczególnych etapach. Obniżenie zawartości substancji organicznych wyrażanych wskaźnikiem absorbancji w nadfiolecie następowało podczas badanych procesów: ozonowania (zarówno wstępnego, jak i pośredniego), sorpcji na węglu aktywnym oraz dezynfekcji chlorem. Jedynym procesem, podczas którego wartość absorbancji w nadfiolecie nie uległa zmniejszeniu była filtracja. Największy ubytek wartości badanego wskaźnika odnotowano po etapie ozonowania wstępnego i koagulacji (54 - 56%). Podczas ozonowania pośredniego spadek absorbancji był na poziomie 18%. Podobną skuteczność (20%) usuwania związków



Rys. 1. Zmiany absorbancji UV_{254nm}^{1m} w wodzie podczas kolejnych etapów uzdatniania



organicznych odnotowano podczas adsorpcji na węglu aktywnym. W procesie chlorowania uzyskano 8% ubytku związków organicznych wyrażanych absorbancją w nadfiolecie. Wartość początkowa (11,1) i końcowa (3,3) absorbancji UV_{254nm}^{1m} świadczą o prawidłowo zaprojektowanych, skutecznych procesach oczyszczania wody ze związków organicznych.

Badany wskaźnik pozwala w prosty sposób oznaczyć zawartość naturalnych zanieczyszczeń organicznych. Jest to istotne ze względu na to, że są one prekursorami chlorowanych pochodnych związków organicznych i od ich zawartości zależą dawki koagulantów i środków dezynfekcyjnych [12]. Absorbancję w nadfiolecie UV_{254} badali inni autorzy uzyskując wyniki w dość szerokim zakresie. Przykładowe wyniki zawartości związków organicznych, mierzone poprzez oznaczenie absorbancji w nadfiolecie, są następujące:

- woda z rzeki Wisły (wody powierzchniowe), przeznaczona do uzdatniania w Wodociągu Praskim - UV_{254nm}^{1m} w zakresie $8,3 \div 76$ [13],
- woda po procesie koagulacji - $4,46 \div 20,50$ [14],
- woda wprowadzona do wodociągu przeznaczona do spożycia przez ludzi - $1,2 \div 4,6$ [15].

Porównując otrzymane wyniki z podanymi w literaturze można stwierdzić, że w przypadku próbki analizowanej wody surowej wartość absorbancji w UV_{254nm}^{1m} (11,1) była zbliżona do dolnej granicy zakresu podawanego dla wód powierzchniowych. Wartość tego wskaźnika w wodzie po procesie koagulacji wyniosła 5,0 i 4,9. Dla wody przeznaczanej do spożycia przez ludzi ilość substancji organicznych wyrażonych poprzez absorbancję (3,3) była porównywalna do wartości tego parametru oznaczonego przez Zimoch i in. w wodzie uzdatnionej w SUW Czaniec [15].

Literatura

- [1] Nawrocki J., Biłozar S., Koagulacja i strącanie [w] Uzdatnianie wody. Część 1, red. J. Nawrocki, PWN, Warszawa 2010, s.171-217.
- [2] Kowal A.L., Świdorska - Bróz M., Oczyszczanie wody, PWN, Warszawa 2009.
- [3] Nawrocki J., Biłozar S., Ilecki W., Kasprzyk-Hordern B., Utlenianie w technologii uzdatniania wody [w] Uzdatnianie wody. Część 1, red. J. Nawrocki, PWN, Warszawa 2010, s.218-361.
- [4] Przepiórski J., Mozi S., Morawski A.W., Metody sorpcyjne w uzdatnianiu wody [w] Uzdatnianie wody. Część 1, red. J. Nawrocki, PWN, Warsza-

wa 2010, s.362-410.

[5] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2007, Nr 61 poz. 417) znowelizowane w 2010 roku (Dz. U. 2010, Nr 72, poz. 466).

[6] Chowdhury S., Champagne P., An investigation on parameters for modeling THMs formation, Global Nest Journal, 2008, vol. 10, nr 1, pp. 80-91.

[7] Mołczan M., Szlachta M., Karpińska A., Biłyk A., Zastosowanie absorbancji właściwej w nadfiolecie (SUVA) w ocenie jakości wody, Ochrona Środowiska, 2006, vol. 28, nr 4, s.11-16.

[8] Mołczan M., Wpływ procesu wymiany anionowej na zmianę jakości wody charakteryzowanej wartościami absorbancji właściwej (SUVA) i barwy właściwej (SCOA), Ochrona Środowiska, 2007, vol. 29, nr 2, s.13-20.

[9] Potter B.B., Determination of total organic carbon and specific UV absorbance at 254 nm in source water and drinking water, USEPA, 2005.

[10] Rajca M., Usuwanie zanieczyszczeń z wód za pomocą układów zintegrowanych połączonych z filtracją membranową, Nauka Przyroda Technologie, 2011, vol. 5, nr 4, #44.

[11] Nawrocki J., Oznaczanie ubocznych produk-

tów dezynfekcji wody [w] Uboczne produkty dezynfekcji wody, red. J. Dojlido, Wodociągi i Kanalizacja, Monografie, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Warszawa 2002, s. 445-477.

[12] Kabsch-Korbutowicz M., Usuwanie naturalnych substancji organicznych z wody w zintegrowanym procesie MIEX®- ultrafiltracja, Ochrona Środowiska, 2006, vol. 28, nr 1, s. 17-22.

[13] Wąsowski J., Zaleska B., Badania nad usuwaniem substancji organicznych z wody infiltracyjnej w Wodociągu Praskim w Warszawie, Ochrona Środowiska, 2007, vol. 29, nr 4, s. 41-48.

[14] Świdorska-Bróz M., Wolska M., Usuwanie frakcji ogólnego węgla organicznego z wody powierzchniowej w procesie koagulacji, Ochrona Środowiska, 2011, vol. 33, nr 1, s. 9-12.

[15] Zimoch I., Kotlarczyk B., Sołtysik A., Zastosowanie koagulantów wstępnie zhydrolizowanych do intensyfikacji oczyszczania wody w wodociągu Czaniec, Ochrona Środowiska, 2007, vol. 29, nr 3, s. 45-49.

* Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa e-mail: ancyk@wp.pl; mwm@is.pcz.czyst.pl