ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1970

Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 16 Nr kol. 278

Tadeusz Wierzbicki, Helena Pieprzyk
Katedra Technologii Wody i Ścieków

BADANIA NAD POLEPSZENIEM WŁASNOŚCI ORGANOLEPTYCZNYCH WODY PITNEJ METODĄ OZONOWANIA

Organoleptyczne własności wody do picia i potrzeb gospodarstwa domowego odgrywają ważną rolę, gdyż odbiorcy oceniają jakość wody przede wszystkim według jej wyglądu zewnętrznego, zapachu i smaku. Dlatego też woda do picia i dla potrzeb gospodarstwa domowego powinna być w miarę możności pozbawiona specyficznego smaku, zapachu i barwy, nawet wtedy gdyby substancje je powodujące były same w sobie nieszkodliwe [1].

Własności smakowe i zapachowe wody pogarszają substancje mineralne i organiczne zawarte w wodzie. O ile substancje mineralne pogarszają smak i zapach wody, w przypadku gdy występują w stosunkowo wysokich stężeniach - zdarzających się sporadycznie - to związki organiczne często już w minimalnych stężeniach nadają wodzie nieprzyjemny zapach i posmak [12].

W wodach powierzchniowych może występować cały szereg związków organicznych pochodzenia naturalnego, które wpływają ujemnie na smak i zapach wody. Są to przede wszystkim produkty metabolizmu flory i fauny. W wyniku nadmiernego rozwoju bakterii i planktonu czyli tzw. "zakwitania wody" zachodzą procesy dennej fermentacji metanowej z jednoczesnym wytwarzaniem związków organicznych, charakteryzujących się specyficznymi zapachami [15]. Bardzo uciążliwe są promieniowce (actinomycetes) - dostające się do wody z gleby i szczątków organicznych [14]. Nie tylko w glebie, ale także pod wo-

dą promieniowce przechodzą pełny cykl rozwoju tworząc substancje o silnym zapachu [14].

Wody pochodzące z torfowisk zawierają zawsze pewne ilości kwasów humusowych - związków wielomolekularnych i wielofunkcyjnych typu fenolowego, nadających wodzie nieprzyjemny zapach, posmak i żółte zabarwienie. W zależności od barwy i ich stosunku do rozpuszczalników substancje humusowe podzielono na kwasy huminowe i fulwowe.

Poza tym do wód stykających się z drewnem i listowiem przechodzi pewna ilość garbników będących również pochodnymi polifenoli [15].

Dużą rolę w formowaniu organoleptycznych własności wód powierzchniowych odgrywają nieoczyszczone ścieki wpuszczane do odbiorników wodnych. Ze względu na zrzuty i szkodliwość zanieczyszczeń na pierwszym miejscu można postawić ścieki z termicznej przeróbki paliw stałych, głównie węgla koksującego [15]. Są to zasadniczo ścieki fenolowe, które obok fenoli zawierają krezole, rezorcynę, pirokatechinę, aldehydy, ketony i inne.

Ważne zagadnienie stanowią ścieki z przerobu ropy naftowej. Ścieki te, zanieczyszczone naftą i produktami naftowymi mogą tworzyć w wodzie emulsję, roztwory rzeczywiste i koloidalne, zawiesiny o bardzo intensywnym zapachu [14].

Również przemysł chemiczny, celulozowo-papierniczy, garbarski, skażają smak i zapach wody już przy minimalnych stężeniach niektórych składników.

Metody usuwania zapachu i smaku z wody pitnej

Stosowane w praktyce metody usuwania z wody zapachu i smaku podzielić można na 3 zasadnicze grupy [12]:

1) napowietrzanie,

2) sorpcja,

3) utlenianie środkami chemicznymi.

Napowietrzanie stosowane jest często w przypadku usuwania smaku jak również i zapachu pochodzenia biologicznego i oparte jest na przeprowadzeniu związków zapachowych w bezzapachowe. Metoda powyższa charakteryzuje się bardzo zmiennym efektem końcowym np. w przypadku obecności w wodzie glonów rodzaju Synura, operacja daje tylko 50-procentowy efekt usunięcia zapachu i smaku [16].

Niedostatek tej metody przejawia się również w tym, że nie usuwa ona zapachu i smaku powstałego w wodzie w wyniku zanieczyszczenia jej ściekami przemysłowymi.

Dlatego szersze zastosowanie do usuwania smaku i zapachu z wody ma sorpcja na węglu aktywnym. Węgiel aktywny sorbuje substancje nadające wodzie smak i zapach, a także bakterie i inne mikroorganizmy [14].

Skuteczność zastosowania sorpcyjnych metod zależy od zachowania optymalnych warunków procesu oraz od ilości sorbenta zabezpieczającego przeważający stopień usunięcia zawartych w wodzie niepotrzebnych związków. Przy oczyszczaniu wody na węglu aktywnym istotną rolę odgrywa wybór gatunku i dyspersyjność węgla,wielkość dawki i sposób dozowania oraz intensywność zanieczyszczenia wody [2].

Duże zastosowanie ma metoda odwaniania wody sposobami chemicznymi, a więc przy użyciu silnych środków utleniających takich jak chlor, ClO_2, $CaOCl_2$, chloraminy, ozon i inne [14].

Zwalczanie zapachów naturalnych prowadzone jest różnymi metodami, a między innymi stosowana jest profilaktyka polegająca na niszczeniu zakwitów glonów i innych mikroorganizmów w zbiornikach, z których pobierana jest woda do celów wodociągowych. W tym przypadku najczęściej stosowanymi związkami są jony miedzi i srebra oraz chlor i jego związki [5] . Ze związków miedziowych najczęściej stosowany bywa siarczan miedziowy. Ostatnio zalecany jest cytrynian

miedziowy, który tworzy niewytrącalne związki kompleksowe [5]. Spośród utleniaczy jednym z częściej stosowanych jest chlor. Już w 1919 r. Houston stwierdził, że chlor użyty w dużych dawkach usuwa zły smak i zapach wody.

Dotychczasowe obserwacje pozwoliły wyciągnąć wiele praktycznych wniosków, mianowicie [5]:

a) przy usuwaniu zapachu stosowanie związków chloru jest często mało skuteczne;
b) chlorowanie do punktu przełamania na ogół daje lepsze efekty, lecz w pewnych przypadkach nie tylko nie poprawia własności organoleptycznych wody, lecz przeciwnie, nadaje jej jeszcze bardziej intensywny zapach;
c) w wielu przypadkach należy stosować przechlorowywanie wody, a następnie jej dechlorowanie.

Pewne odmiany zapachu wywołane obecnością poszczególnych rodzajów mikroorganizmów, a także związków fenolowych, nie dają się usunąć przy pomocy chloru, nawet przy stosowaniu bardzo dużych dawek [5].

Szersze zastosowanie niż chlor do usuwania zapachu i smaku z wody znalazł dwutlenek chloru. Dwutlenek chloru jest środkiem utleniającym, ponad dwukrotnie silniejszym od chloru [13].

Zastosowanie dwutlenku chloru do dezynfekcji wody z jednoczesnym usuwaniem zapachu i smaku datuje się od 1944 r. w następstwie opanowania technologii wytwarzania chlorynu sodowego i dwutlenku chloru w Ameryce. Pierwsze próby zastosowania dwutlenku chloru w Polsce podjęto w związku z pojawieniem się fenoli w wodociągach miasta Krakowa w 1953 r. Dwutlenek chloru nie tworzy z fenolami - w przeciwieństwie do chloru - chlorofenoli, ponieważ działanie dwutlenku chloru na fenole polega na rozerwaniu pierścienia z jednoczesnym powstaniem prostych kwasów alifatycznych. Reakcja ta jednak zależy od stosunku fenolu do dwutlenku chloru ustalonego do-

świadczalnie. Dwutlenek chloru można częściowo zastąpić chlorem w przypadku ich równoczesnego stosowania.

Dwutlenek chloru jest skuteczny dla usuwania zapachu i smaku pochodzenia naturalnego i przemysłowego, nie jest on jednak środkiem uniwersalnym, a także nie obojętnym pod względem sanitarnym. Obserwuje się także czasem nawrót zapachu.

W związku z rosnącym zanieczyszczeniem wód powierzchniowych związkami typu fenolowego wzrasta zainteresowanie metodą ozonowania do usuwania zapachu i smaku oraz do dezynfekcji wody. Ozon jest względnie trwałą, trójatomową, alotropową odmianą tlenu. Zabija żywe organizmy, a także szybko utlenia substancje organiczne i nieorganiczne zawarte w wodzie. Stąd jest on skutecznym środkiem do poprawy własności organoleptycznych wody pitnej [6]. W wodzie ozonowanej nie powstają uboczne zapachy i posmaki, a istniejące - zostają usunięte. Niemniej jednak metoda ta wymaga instalowania kosztownych urządzeń do wytwarzania ozonu i dużego zużycia energii elektrycznej.

Celem pracy było wykazanie efektu usunięcia zapachu i smaku przy zastosowaniu procesu ozonowania z jednoczesnym ustaleniem dawek ozonu koniecznych dla tego procesu w zależności od rodzaju i intensywności zapachu i smaku w badanych wodach.

Metodyka badań analitycznych i technologicznych

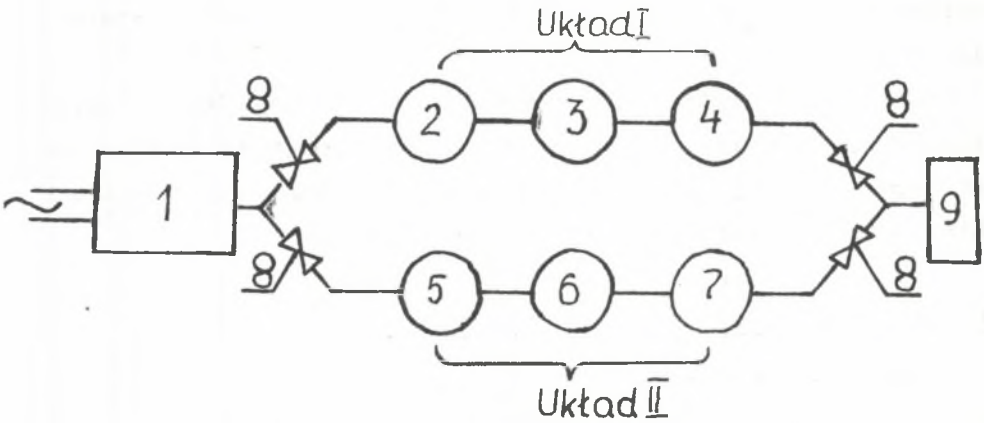
Celem przeprowadzonych oznaczeń analitycznych i technologicznych było sprawdzenie efektu działania ozonu na badaną wodę i określenie ilości ozonu pochłoniętego przez próbę, przy czym oznaczenia wykonywano wg ogólnie przyjętych metod analitycznych podanych przez Polskie Normy. Natomiast oznaczenie ozonu przeprowadzano metodą jodometryczną [4]. Do prób używano wody zawierającej związki humusowe (zapach roślinny), wody zawierającej związki humusowe będące w stanie zagniwania (zapach gnilno-roślinny) oraz związki hu-

musowe będące w intensywnym stanie zagniwania (zapach gnilny). Substancje te uzyskiwano w roztworze wodnym poprzez zalanie próchnicy ciepłą wodą, a następnie po uprzednim rozcieńczeniu poddawano procesowi ozonowania.

Jako wskaźników pośrednich świadczących o redukcji zapachu i smaku użyto oznaczenia utlenialności i chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT). Aparatura do wytwarzania ozonu składała się z [17]:

a) aparatu do wytwarzania ozonu,
b) płuczek Kielikiera o poj. 500 ml, w których przeprowadzano próby,
c) płuczek Kielikiera o poj. 500 ml do oznaczania ozonu;
d) pompy ssącej.

Rysunek 1 przedstawia schemat aparatury, na której prowadzono badania.



Rys. 1. Schemat urządzenia do ozonowania wody

1 - ozonizator, 2, 3, 4 - płuczki z dnem spiekanym zawierające 0,1 n KJ, 5 - płuczka z dnem spiekanym zawierająca próbkę ze związkami humusowymi, 6-7 - płuczki z dnem spiekanym zawierające 0,1 n KJ, 8 - zawory, 9 - pompa ssąca

W takim zestawieniu przeprowadzono pomiary przyjmując różne czasy kontaktu wody z ozonem, począwszy od 10 sek. aż do momentu, gdy wartości utlenialności i ChZT ustaliły się. Przed przystąpieniem do ozonowania wody przeprowadzono analizę wody, która obejmowała następujące oznaczenia: zapach, smak, próg zapachu, próg smaku, utlenialność, ChZT, barwa. Właściwe badania podzielono na serie, które różniły się wartością wyżej wymienionych wskaźników wody surowej. Na początku i końcu każdego pomiaru sprawdzano sprawność ozonizatora. Badania miały przebieg następujący: Do płuczki 5 wprowadzono 250 ml badanej wody, do pozostałych płuczek po 10 ml 0,1 - n KJ i uzupełniono wodą destylowaną do 250 ml. Następnie przez określony czas przepuszczano ozon przez układ I, po czym oznaczano w nich wydzielony jod metodą miareczkową. W ten sposób ustalono wydajność urządzenia wytwarzającego ozon.

Następnie począwszy od czasu 10 sek. przepuszczano ozon przez układ II, oznaczając w płuczkach 6,7 jod, a w badanej wodzie te same wskaźniki co w wodzie surowej. Na podstawie tych oznaczeń obliczono zużycie ozonu przez badaną wodę, a także procent redukcji badanych wskaźników. Ilość ozonu zużytą na utlenienie związków powodujących smak i zapach obliczono wg następującego wzoru:

$$X = \frac{2.4 \cdot f \cdot 1000}{V} (a - b) \left[mgO_3/l\right]$$

gdzie:

V - obj. próbki wziętej do miareczkowania,

f - współczynnik przeliczeniowy,

a - ilość ml tiosiarczanu sodu zużytego na odmiareczkowanie próby ślepej płuczki (2, 3, 4),

b - ilość ml tiosiarczanu sodu zużytego na odmiareczkowanie próby zawierającej ozon pozostały po utlenieniu związków organicznych zawartych w próbce (płuczki 6,7).

Tablice 1, 2, 3 podają przykłady wyników, jakie uzyskano dla wody zawierającej związki humusowe w stanie świeżym.

Tablice 4, 5, 6 podają wyniki, jakie uzyskano dla wody zawierającej związki humusowe będące w początkowym stadium zagniwania.

Tablice 7, 8, 9 podają wyniki, jakie uzyskano dla wody zawierającej związki humusowe w silnym stanie zagniwania.

Interpretacja wyników

Z przytoczonych wyżej badań wynika fakt, że metoda ozonowania daje bardzo dobre efekty przy uzdatnianiu wody pitnej zanieczyszczonej związkami humusowymi i jest skuteczna niezależnie od rodzaju zapachu występującego w wodzie. Zarówno przy zapachu roślinnym, jak i gnilno-roślinnym i gnilnym wody, uzyskano zadowalające wyniki badań. Dawka ozonu, przy której uzyskano optymalne wyniki wahała się w zależności od początkowych wartości utlenialności, ChZT, progu smaku i zapachu. Wraz ze wzrostem początkowego zanieczyszczenia wody, dawka ozonu potrzebna do jej uzdatniania ulegała zwiększeniu. Konieczna dawka ozonu do uzdatnienia wody wynosiła od 2,0 do 5,5 mg O_3/l przy czasie kontaktu od 30 do 60 sek. Zaobserwowano, że całkowita redukcja zapachu gnilnego i roślinno-gnilnego zachodziła wolniej niż zapachu roślinnego i wymagała wyższych dawek ozonu. Stwierdzono, iż dla usunięcia zapachu roślinnego z wody wystarczyła dawka ozonu od 2,5 do 3,4 mg O_3/l, natomiast do redukcji zapachu gnilnego i roślinno-gnilnego potrzebna dawka ozonu wahała się w granicach 4-5,5 mg/l.

We wszystkich przypadkach uzyskano całkowity efekt redukcji zapachu i smaku, również pozostałe wskaźniki malały do granic zgodnych z normami dla wody pitnej i dla potrzeb gospodarczych. Efekt spadku utlenialności oraz redukcji ChZT i barwy w wodzie o mniejszym ładunku zanieczyszczeń był wyższy niż w wodzie bardziej zanieczyszczonej i zależał od rodzaju związków humusowych występujących

Tablica 1

Wpływ czasu ozonowania na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach roślinny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	-	4,0	-	10,4	20,0	25	-	ZR2	S2	1:4	-	1:4	-
10	0,3	3,7	7,5	8,33	20,0	20	20	ZR2	S2	1:4	-	1:4	-
20	1,2	3,2	20,0	6,25	40,0	17,5	30	ZR2	S2	1:2	50	1:2	50
30	1,5	2,8	3,0	5,20	50,0	15	40	ZR1	S2	1:2	50	1:2	50
40	1,9	2,4	40,0	4,20	59,7	14	41	ZR1	S1	1:2	50	1:2	50
50	3,4	1,2	70,0	4,86	60,0	10	60	ZR0	S0	1	100	1	100
60	3,5	1,2	70,0	4,86	60,0	10	60	ZR0	S0	1	100	1	100
90	3,4	1,2	70,0	4,16	60,0	10	60	ZR0	S0	1	100	1	100
120	3,4	1,2	70,0	4,16	60,0	10	60	ZR0	S0	1	100	1	100

Tablica 2

Wpływ czasu ozonowania na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach roślinny

Czas kont.	Ilość pochł. ozonu przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	0	5,0	-	6,9	-	30,0	-	ZR1	S1	1:2	0	1:2	0
10	0,4	4,0	20,0	5,4	21,0	27,0	10,0	ZR1	S1	1:2	0	1:2	0
20	1,8	3,25	35,0	4,5	34,2	25,0	16,6	ZR0	S0	1	100	1	100
30	2,6	3,0	40,0	4,3	36,7	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1	100
40	2,6	3,0	40,0	4,3	37,7	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1	100
50	2,5	3,0	40,0	4,3	37,7	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1	100
60	2,6	3,0	40,0	4,3	37,7	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1	100
90	2,7	3,0	40,0	4,3	37,7	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1	100
120	2,6	3,0	40,0	4,3	37,7	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1	100

Tablica 3

Wpływ czasu ozonowania na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach roślinny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	-	7,0	-	9,8	-	30,0	0	ZR2	S3	1:4	0	1:8	0
10	0,8	5,3	24,3	8,4	13,6	22,0	26,6	ZR1	S2	1:2	50	1:4	50
20	1,7	4,0	42,8	6,8	30,0	20,0	33,3	ZR1	S2	1:2	50	1:4	50
30	2,5	3,2	54,2	5,3	45,9	15,0	50,0	ZR0	S0	1	100	1	100
40	2,6	3,2	54,2	5,3	45,9	15,0	50,0	ZR0	S0	1	100	1	100
50	2,5	3,2	54,2	5,3	45,9	15,0	50,0	ZR0	S0	1	100	1	100
60	2,5	3,2	54,2	5,3	45,9	15,0	50,0	ZR0	S0	1	100	1	100
90	2,5	3,2	54,2	5,3	45,9	15,0	50,0	ZR0	S0	1	100	1	100

Tablica 4

Wpływ czasu ozonowania na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach roślinno-gnilny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	-	5,0	-	7,0	-	30,0	-	ZG2	S2	1:4	0	1:8	0
10	0,5	4,6	8,0	6,5	7,0	27,5	8,5	ZG1	S2	1:4	0	1:8	0
20	1,3	3,9	22,0	5,5	27,1	25,0	16,6	ZG1	S1	1:2	50	1:4	50
30	1,7	3,5	30,0	4,9	30,2	22,5	25,0	ZG1	S1	1:2	50	1:4	50
40	3,2	3,4	32,0	4,8	31,5	20,0	33,3	ZR0	S0	1	100	1:2	75
50	3,7	3,2	36,0	4,5	35,6	10,0	66,6	ZR0	S0	1	100	1	100
60	4,4	3,0	40,0	4,2	40,0	10,0	66,6	ZR0	S0	1	100	1	100
90	4,5	2,9	42,0	4,1	41,4	10,0	66,6	ZR0	S0	1	100	1	100
120	4,6	2,9	42,0	4,1	41,4	10,0	66,6	ZR0	S0	1	100	1	100

Tablica 5

Wpływ czasu ozonowania na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach roślinno-gnilny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	0,0	6,0	-	8,4	-	40,0	-	ZG2	S3	1:16	0	1:32	0
10	0,5	5,6	6,8	7,8	7,2	35,0	12,4	ZG2	S3	1:8	50,0	1:16	50
20	1,4	4,8	20,0	6,7	20,2	30,0	25,0	ZG1	S1	1:2	87,5	1:8	75
30	2,9	4,0	33,3	5,6	33,2	20,0	50,0	ZRO	S1	1:2	87,5	1:4	87,5
40	3,4	3,6	40,0	5,0	40,4	20,0	50,0	ZRO	SO	1	100	1:2	100
50	3,8	3,5	41,7	4,9	41,7	18,0	55,0	ZRO	SO	1	100	1	100
60	4,2	3,2	46,7	4,5	46,4	18,0	55,0	ZRO	SO	1	100	1	100
90	4,3	3,0	50,0	4,2	50,0	15,0	62,5	ZRO	SO	1	100	1	100
120	4,4	2,9	48,7	4,0	52,4	12,0	70,0	ZRO	SO	1	100	1	100

Tablica 6

Wpływ czasu ozonowania na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach roślinno-gnilny

Czas kont.	Ilość pochł. ozonu przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	-	7,2	-	10,5	-	50,0	-	ZG2	S3	1:8	0	1:16	0
10	0,4	6,8	5,5	9,5	8,9	40,0	20,0	ZG1	S2	1:4	50	1:8	50
20	1,5	6,0	16,6	8,4	20,0	35,0	30,0	ZG1	S1	1:2	75	1:2	87,5
30	2,8	4,9	32,0	6,8	35,2	25,0	50,0	ZRO	S1	1:2	75	1:2	87,5
40	3,6	4,0	44,4	5,6	46,6	20,0	60,0	ZRO	SO	1	100	1	100
50	4,3	3,4	52,8	4,7	55,3	20,0	60,0	ZRO	SO	1	100	1	100
60	5,0	3,1	57,0	4,3	59,1	15,0	70,0	ZRO	SO	1	100	1	100
90	5,1	3,1	57,0	4,3	59,1	10,0	80,0	ZRO	SO	1	100	1	100
120	5,2	3,0	58,3	4,2	60,0	10,0	80,0	ZRO	SO	1	100	1	100

Tablica 7

Wpływ czasu ozonowania oraz dawki ozonu na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach gnilny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Smak	Zapach	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	-	7,0	-	9,8	-	30,0	-	S2	ZR2	1:8	-	1:8	-
10	0,2	6,7	4,1	9,3	7,1	30,0	0,0	S1	ZR1	1:4	50	1:4	50
20	1,0	6,0	14,2	8,4	14,4	25,0	16,6	S1	ZR0	1:2	75	1:2	75
30	1,6	5,6	19,8	7,8	20,5	20,0	33,3	S0	ZR0	1	100	1:2	75
40	2,3	4,8	31,2	6,7	31,6	15,0	50,0	S0	ZR0	1	100	1:2	75
50	2,5	4,2	40,0	5,9	39,8	15,0	50,0	S0	ZR0	1	100	1	100
60	2,6	4,0	43,2	5,6	44,8	10,0	66,6	S0	ZR0	1	100	1	100
90	2,6	4,0	43,2	5,6	44,8	10,0	66,6	S0	ZR0	1	100	1	100

Tablica 8

Wpływ czasu ozonowania i dawki ozonu na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach gnilny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	0,0	9,0	-	13,0	-	40	-	ZG2	S2	1:8	-	1:8	-
10	0,2	8,8	2,2	12,6	3,0	40	0	ZG2	S2	1:4	50	1:8	0
20	1,2	8,5	5,5	11,5	11,5	37	7,5	ZG1	S2	1:4	50	1:4	50
30	1,4	7,1	21,0	10,7	17,6	35	12,5	ZG1	S2	1:2	75	1:4	50
40	2,1	6,2	31,0	9,2	29,2	30	25,0	ZG1	S2	1:2	75	1:2	75
50	2,6	6,3	30,0	9,0	30,7	25	37,5	ZG0	S1	1	100	1:2	75
60	3,9	4,2	53,3	7,3	43,8	25	37,5	ZG0	S0	1	100	1	100
90	4,0	4,2	53,3	7,3	43,8	25	37,5	ZG0	S0	1	100	1	100
120	4,0	4,2	53,3	7,3	43,8	25	37,5	ZG0	S0	1	100	1	100

Tablica 9

Wpływ czasu ozonowania i dawki ozonu na efekt usunięcia zapachu i smaku

Woda ze związkami humusowymi - Zapach gnilny

Czas kont.	Ilość ozonu pochł. przez próbę	Utlenialność	Procent redukcji	ChZT	Procent redukcji	Barwa	Procent redukcji	Zapach	Smak	Próg zap.	Procent redukcji	Próg smaku	Procent redukcji
sek.	mgO_3/l	mgO_2/l	%	mgO_2/l	%	mg/lPt	%				%		%
0	0,0	12,2	-	18,3	-	40	-	ZG2	S3	1:8	-	1:8	-
10	0,7	11,8	3,2	15,2	17,0	35	12,5	ZG1	S3	1:8	0	1:8	0
20	1,2	10,8	19,6	14,7	19,6	35	12,5	ZG1	S2	1:4	50	1:4	50
30	1,4	8,9	27,0	13,7	25,1	32	20,0	ZG1	S2	1:2	75	1:4	50
40	3,9	8,4	31,1	13,1	28,4	30	25,0	ZR1	S1	1:2	75	1:2	75
50	4,9	8,0	34,3	12,0	34,4	25	37,5	ZG0	S1	1	100	1:2	75
60	5,5	7,3	40,1	11,3	38,2	25	37,5	ZG0	S0	1	100	1	100
90	5,5	7,3	40,1	11,3	38,2	25	37,5	ZG0	S0	1	100	1	100
120	5,5	7,3	40,1	11,3	38,2	25	37,5	ZG0	S0	1	100	1	100

w wodzie, których trwałość w stosunku do ozonu bywa różna w zależności od ich budowy i naturalnego składu. Utleniające działanie ozonu na związki humusowe doprowadzało do obniżenia zawartości substancji organicznych wyrażonych w postaci utlenialności. Odpowiednia dawka ozonu obniżała wartość utlenialności od 30-70% wartości początkowej.

Dawka ozonu stosowana do usuwania barwy wody zależała od wymaganego stopnia odbarwienia. Ilość ozonu powodująca maksymalne obniżenie barwy odpowiadała w przypadku wody o zapachu roślinnym - dawce powodującej całkowite usunięcie zapachu i smaku. W przypadku wody o zapachu gnilnym i gnilno-roślinnym dawka ozonu potrzebna do maksymalnej redukcji barwy była nieco niższa lub równa dawce potrzebnej do całkowitej redukcji zapachu i smaku.

Oczyszczając wodę o zapachu gnilnym zdołano uzyskać redukcję barwy jedynie do 25 mg/l Pt, natomiast dalsze próby zwiększenia dawki ozonu nie przyniosły lepszych efektów. Ozonując wodę o zapachu roślinno-gnilnym i gnilnym uzyskano o wiele lepszy efekt usunięcia barwy, przy czym preparowana woda zyskiwała odcień niebieskawy i przyjemny posmak. W przypadku wody o zapachu roślinnym, dawka ozonu redukująca zapach również całkowicie usuwała smak wody. Natomiast w wodach o zapachu gnilnym łatwiej ulegał usunięciu zapach wody niż jej smak.

Proces ozonowania nie powodował powstania żadnych ubocznych zapachów i posmaków. Ozonowanie jest procesem kosztownym, ale w warunkach postępującego zanieczyszczenia wód powierzchniowych szczególnie ściekami przemysłowymi, może okazać się konieczne dla odpowiedniego spreparowania wody do picia i dla potrzeb gospodarczych.

Przyjmując, [6] iż 1 m^3 wody wymaga zużycia 400 Wh, przy dawce ozonu 5 g/m^3, to koszt energii elektrycznej wyniesie 0,10 zł/m^3 wody - licząc 1 KWh - 0,24 zł. Dla obniżenia kosztów proces ozonowania powinien być stosowany jako etap końcowy uzdatniania wody.

Każdorazowo powinien być poprzedzony dokładnymi badaniami laboratoryjnymi dla danej wody.

Wnioski

1. Woda poddana działaniu ozonu wykazuje znaczną poprawę własności organoleptycznych;
2. Obciążenie wody substancjami powodującymi smak i zapach wody, wyrażone jako smak i zapach progowy, wpływa na wartość dawki czonu, przy czym wzrost obciążenia zwiększa dawkę optymalną;
3. Usuwanie smaku i zapachu z wód charakteryzujących się wyższym progiem zapachowym jest bardziej ekonomiczne niż przy progu niskim;
4. Ozonowanie nie powoduje powstania żadnych ubocznych zapachów czy posmaków;
5. Badania wykazały brak proporcjonalności pomiędzy dawką ozonu a redukcją barwy;
6. Koszty ozonowania są znacznie wyższe od kosztów metod konwencjonalnych, ale są w pełni uzasadnione jako wydatek na podstawową działalność wodociągu, którą jest dobre uzdatnienie wody.

LITERATURA

[1] POLSKA NORMA - PN-54-C-04585/395: Woda do picia i celów gospodarczych i przemysłowych. Oznaczanie zapachu.

[2] CZARNECKA Z.: Usuwanie zapachu i smaku wody w eksploatacji wodociągu Goczałkowickiego. Postęp techniczny w dziedzinie wodociągów, Wrocław, 1966 r.

[3] COLLINS R.P.: Analitic Methodos for Identifikation I. Amer. Wat. Works Assoc. 58, 715, 1966.

[4] DOHNALIK K.: Wyniki doświadczeń nad ozonowaniem wody w Krakowie. GWTS 6, 211, 1962.

[5] KOLUS J.: Usuwanie zapachu naturalnego wody przy zastosowaniu dużych dawek chloru. Postęp techniczny w dziedzinie wodociągów Wrocław - 1966 r.

[6] KOŻINOW W.: Ustanowki do ozonirowanija wody. Moskwa, 1966 r.

[7] KOŻINOW W.: Ozonirowanije wody. Gorod. Chozjajstwo Moskwa 8 1961.

[8] KULSKIJ L.A.: Kondicirowanije pitjewoj wody. Moskwa, 1964.

[9] KULSKIJ L.A.: Ozonirowanije wody dla chozjajstwiennopitjewych celjej. Wod i San. Tech. 3, 1960.

[10] PASYNKIEWICZ J.: Utlenianie fenoli ozonem w wodach odpływowych z chemicznej przeróbki węgla". Praca doktorska, 1966 r.

[11] REISSAUS K.: Metody oznaczania substancji smakowych i zapachowych w wodzie i sposoby ich usuwania. Postęp techniczny w dziedzinie wodoc. Wrocław, 1966 r.

[12] RUDOLF Z., STASIAK M.: Nadzór i kontrola techniczno-sanitarna nad wodociągami a zagadnienie smaku i zapachu wody do picia. Postęp techniczny w dziedzinie wodoc. Wrocław, 1966 r.

[13] SIKOROWSKA C.: Smak i zapach wody do picia oraz metody ich usuwania. Postęp techniczny w dziedzinie wodoc. Wrocław, 1966 r.

[14] SZEWCZENKO M.: Organiczieskije wieszczestwa w prirodnoj wodie i metody ich udalenija. Moskwa, 1966 r.

[15] SZYPOWSKI W.: Oczyszczanie wody z rzeki Odry dla celów komunalnych. Postęp techniczny w dziedzinie wodoc. Wrocław, 1966 r.

[16] PRACA ZBIOROWA: Woda w przemyśle. Warszawa, 1961 r.

[17] WIERZBICKI T.: Utlenianie akroleiny, alkoholu allilowego, gliceryny i aldehydu octowego przy użyciu ozonu. Zesz. Nauk. Pol. Śl. Inżynieria Sanitarna 13, 95 (1969).

S t r e s z c z e n i e

Przeprowadzono badania nad polepszaniem własności organoleptycznych wody pitnej metodą ozonowania. Celem przeprowadzonych badań było ustalenie dawek ozonu potrzebnych do całkowitego usunięcia zapachu i smaku z wody pitnej oraz barwy w zależności od rodzaju zapachu i smaku i ich intensywności.

Próby przeprowadzono na przedstawionej aparaturze. Jako wskaźników pośrednich świadczących o redukcji zapachu, smaku i barwy użyto oznaczenia utlenialności i ChZT.

Metodą ozonowania zdołano całkowicie usunąć z wody pitnej smak i zapach wody, a wielkość barwy, utlenialności i ChZT zredukowano do granic dopuszczalnych przez normy dla wód pitnych i dla potrzeb gospodarczych. Stwierdzono, że rodzaj i intensywność zapachu i smaku wpływa na dawkę ozonu.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ

Р е з ю м е

Были проведены исследования по улучшению органолептических свойств питьевой воды методом озонирования. Целью проведенных исследований было определить дозы озона, необходимые для полного удаления запаха, вкуса с питьевой воды и цвета, в зависимости от рода запаха и вкуса и их интенсивности.

Опыты проводились на представленной аппаратуре. В качестве промежуточных показателей, свидетельствующих о редукции запаха, вкуса и цвета, применялись определения окисления и БПК.

Путем озонирования удалось полностью удалить с питьевой воды вкус и запах воды а величину цвета, окисляемости и БПК редуцировали до допуслаемых стандартами предлов для питьевой воды и для хозяйственных нужд.

Пришли к заключению, что род и интенсивность запаха и вкуса влияют на дозу озона.

RESEARCHES REGARDING THE IMPROVEMENT OF ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF DRINKING WATER BY MEANS OF OZONE METHOD

S u m m a r y

The researches regarding the improvement of organoleptic properties of drinking water were carried out by means of ozone method. The researches was intended to establish the ozone doses required for complete elimination of smell, taste and colour of drinking water according to kind and intensity of both smell and taste.

Tests were carried out on presented apparatus. As intermediate indicators which indicate the reduction of smell, taste and colour the both oxidation and COD designation were used.

By means of ozone method smell and taste of drinking water were completely eliminated, an colour, oxidation and COD degrees were reduced to limits permissible by standards for drinking water and for economic necessities.

It was ascertained that the ozone dose depends on kind and intensity of both smell and taste.