

Rafał BRAY

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska

OZONOWANIE W OCZYSZCZANIU BARWNYCH WÓD PODZIEMNYCH

OZONATION TREATMENT OF GROUNDWATER WITH ELEVATED COLOUR

In the article the results of laboratory experiments with ozonation treatment of natural groundwater with elevated color (44 - 46 mg Pt/l) and iron and manganese concentrations (0.25 – 0.31 mg Fe/l; 0.08 – 0.11 mg Mn/l) are presented. The applied doses of ozone ranged from 1.0 to 10.0 mg O₃/l. The quality of ozonated water (color, turbidity, manganese, iron and UV absorbance) improved with increasing dose of ozone. The decrease of color and manganese concentration below the permissible value (15 mg Pt/l and 0.05 mg Mn/l) was achieved with the ozone dose of approx. 3.0 mg O₃/l. The decrease of iron concentration below the permissible 0.2 mg Fe/l was achieved with the dose of 5.0 mg O₃/l. Increasing of the dose of ozone to 10.0 mg O₃/l allowed for further decrease of color to approx. 6 mg Pt/l, manganese concentration to approx. 0.03 mg Mn/l and iron to 0.19 mg/l.

Barwne wody podziemne są uznawane za jedno z trudniejszych do oczyszczania. Standardowo stosowana technologia, napowietrzanie i filtracja, jest w tym przypadku całkowicie nieskuteczna, zarówno do usuwania barwy, jak i często występujących równocześnie żelaza i manganu. Najczęściej do uzdatniania tego typu wód proponuje się koagulację, sorpcję na węglu aktywnym, bądź utlenianie, w tym ozonowanie [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Jednak skuteczność każdej z metod zależy od indywidualnych cech fizykochemicznych wody. Zastosowana, do uzdatniania wody z ujęcia głębinowego we wsi Piekło (której dotyczy niniejsza publikacja), koagulacja powierzchniowa, okazała się tylko częściowo skuteczna [3]. Stosując koagulanty glinowe i filtrację ciśnieniową uzyskano wprawdzie obniżenie barwy do 10-12 mg Pt/l, jednak dawki koagulantu były stosunkowo wysokie (5,0 – 5,5 mg Al³⁺/l), a ponadto w wodzie po procesie oczyszczania pojawił się glin, którego stężenie, po około dwóch dobach trwania cyklu filtracyjnego, przekraczało dopuszczalne 0,2 mg/l.

Ozonowanie, ze względu na wysokie koszty instalacji do wytwarzania ozonu, stosowane było do tej pory praktycznie jedynie w przypadku dużych stacji uzdatniania wód powierzchniowych. Jednak pojawiające się od kilku lat na rynku, niewielkie i stosunkowo tanie, kompaktowe instalacje do wytwarzania ozonu, spowodowały, że ozonowanie staje się technologią dostępną również dla średnich, a nawet małych stacji uzdatniania wód podziemnych.

Celem wstępnych badań, przeprowadzonych w skali laboratoryjnej, było ustalenie skuteczności ozonowania w uzdatnianiu naturalnej wody podziemnej o podwyższonej barwie oraz ponadnormatywnych stężeniach żelaza i manganu.

Badania wykonywano w warunkach nieprzepływowych, w butelkach o pojemności 1,5 dm³. Butelkę całkowicie napełniano surową wodą podziemną, a następnie wprowadzano ozon (z generatora ozonu) w postaci mieszaniny tlenu z ozonem (o ustalonym stężeniu ozonu), wypierając część wody. Dawkę ozonu ustalano zmieniając objętość mieszaniny gazów (a co za tym idzie ilość ozonu) wprowadzanej do butelki i całość intensywnie wytrząsano przez kilkadziesiąt sekund. Wytrząsanie powtarzano kilkakrotnie przez ok. 10-15 minut. Zastosowano dawki ozonu w zakresie od 1,0 do 10,0 mg O₃/l. Wszystkie oznaczenia jakościowe wody, za wyjątkiem mętności, wykonywano po przefiltrowaniu wody przez sączki nitrocelulozowe o średnicy porów 1,2 µm.

W badaniach wykorzystano naturalną wodę podziemną, z ujęcia we wsi Piekło w Województwie Pomorskim, charakteryzującą się barwą w zakresie od 44 do 46 mg Pt/l, stężeniem żelaza od 0,25 do 0,31 mg Fe/l, stężeniem manganu od 0,08 do 0,11 mg Mn/l, mętnością od 0,56 do 0,64 NTU, pH 7,8 oraz zasadowością 8,4 mval/l.

W całym zakresie zastosowanych dawek ozonu (1,0-10,0 mg O₃/l), wraz ze wzrostem dawki obserwowano poprawę wszystkich badanych parametrów jakościowych wody (barwy, mętności, manganu, żelaza oraz absorpcji UV). Zmniejszenie barwy poniżej dopuszczalnej granicy 15 mg Pt/l (efektywność ok. 67 %) uzyskano dla dawki ozonu w granicach od 2,5 do 3,0 mg O₃/l. Zwiększając dawki ozonu do 10,0 mg O₃/l, uzyskiwano dalsze obniżenie barwy do około 6 mg Pt/l (87 %). Podobnie, obniżenie stężenia manganu poniżej dopuszczalnego stężenia 0,05 mg/l (efektywność ok. 50 %), uzyskiwano stosując dawki ozonu około 3,0 mg O₃/l i również w tym przypadku zwiększanie dawki ozonu powodowało dalsze zmniejszenie stężenia manganu do ok. 0,03 mg Mn/l przy 10,0 mg O₃/l.

Dużo mniej skuteczne okazało się ozonowanie w usuwaniu żelaza. Pomimo, iż stężenie żelaza w wodzie surowej (0,31 mg/l) było stosunkowo niewielkie, to obniżenie jego stężenia do dopuszczalnego (0,2 mg/l) uzyskano dopiero dla dawki ozonu ok. 5,0 mg O₃/l, a dalsze zwiększanie dawki ozonu spowodowało już tylko nieznaczne obniżenie stężenia żelaza do 0,19 mg/l.

Mętność wody (oznaczana dla próbek wody nie filtrowanych), niezależnie od dawki ozonu była mniejsza od dopuszczalnej 1,0 NTU, przy czym w miarę zwiększania dawki ozonu malała od ok. 0,65 NTU dla dawki 1,0 mg O₃/l do 0,15-0,20 NTU dla największej dawki ozonu.

Ozonowanie powodowało również zmniejszenie absorpcji UV. Dla dawki ozonu wynoszącej 3,0 mg O₃/l uzyskano ok. 40 % obniżenie absorpcji UV (z $A_{254}^5 = 1,55$ dla wody surowej do ok. 0,92), natomiast przy dawce ozonu 10 mg O₃/l absorpcja UV malała o ok. 65 %, do $A_{254}^5 = 0,53$.

Podsumowując, wyniki wstępnych badań wykazały, iż ozonowanie jest skuteczną metodą oczyszczania wody podziemnej o podwyższonej barwie oraz ponadnormatywnych stężeniach żelaza i manganu. Do obniżenia barwy i stężenia manganu do wartości

wymaganych niezbędna była dawka nie mniejsza niż 3,0 mg O₃/l, natomiast dla usunięcia żelaza, konieczna dawka ozonu była niemal dwukrotnie większa.

Konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań, których celem będzie określenie rodzaju i ilości powstających ubocznych produktów utleniania, oraz uzupełnienie technologii o proces adsorpcji.

Bibliografia

- [1] Apolinariski M.: Badania procesu usuwania zanieczyszczeń organicznych z wody podziemnej przeznaczonej do picia na drodze koagulacji. VI Międzynarodowa Konferencja, XVIII Krajowa Konferencja "Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód". Poznań, Polska, 2004 r. Tom I, s. 434-445.
- [2] Biłozor S., Dąbrowska A., Raczyk-Stanisławiak U., Świetlik J., Nawrocki J.: Wpływ parametrów ozonowania wody podziemnej na charakterystykę substancji organicznych i powstawanie produktów ubocznych, *Ochrona Środowiska*, 2001/3, s. 37-40.
- [3] Bray R.: Zastosowanie koagulacji kontaktowej do oczyszczania wody podziemnej o podwyższonej barwie. XIX Krajowa Konferencja, VII Międzynarodowa Konferencja „Zaopatrzenie w Wodę, Jakość i Ochrona Wód”, Poznań – Zakopane, 2006, Tom 1, s. 405-415.
- [4] Kowal A. L., Świdarska-Bróz M.: *Oczyszczanie wody*. PWN, Warszawa 2007.
- [5] Perchuć M.: Analiza metod uzdatniania barwnych wód podziemnych. *GWITS* 3, 1993, s. 64-67.
- [6] Sozański M., Huck P., *Badania doświadczalne w rozwoju technologii uzdatniania wody*, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 42, Lublin 2007.
- [7] Świdarska-Bróz M.: Wpływ pH na usuwanie kwasów humusowych z wody *GWITS* 10, 1984 r.
- [8] Wąsowski J., Piotrowska A.: Rozkład organicznych zanieczyszczeń wody w procesach pogłębianego utleniania, *Ochrona Środowiska*, 2002 nr 2, s. 27-32.
- [9] Zbieć E., Dojlido J.: Uboczne produkty dezynfekcji wody, *Ochrona Środowiska*, 1999 nr 3, s. 37-44.

