

dr hab. inż. Tomasz Bergel, prof. UR

Chlor czy ozon - o dezynfekcji ścieków słów kilka...

Jednym z popularniejszych środków wykorzystywanych do dezynfekcji ścieków jest chlor. Jego skuteczność jest szczególnie widoczna w zakresie inaktywacji bakterii. Jak podaje Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska, wirusy, przetrwalniki bakterii, cysty/oocysty pierwotniaków (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Entameba histolytica*) i jaja helmintów są oporniejsze na działanie chloru niż bakterie [US EPA 832-F-99-034 1999]. Chlorowanie ścieków wymaga ich wcześniejszego oczyszczenia (a nawet i doczyszczenia), oraz poznania szczegółowej ich charakterystyki. Ścieki oczyszczone kierowane z oczyszczalni do odbiornika, zawierające wysokie stężenie zredukowanych substancji organicznych lub związków nieorganicznych, charakteryzują się wysokim zapotrzebowaniem na chlor. I tak, podczas dezynfekcji ścieków po biologicznej oczyszczalni, stężenie chloru, niezbędne dla zapewnienia 15-minutowego zapotrzebowania na chlor, zawiera się w zakresie od 5 do 20 mg/dm³, zaś po ich doczyszczeniu w procesie filtracji maleje do wartości w zakresie od 1 do 5 mg/dm³. Również wg Lazarowej i in. [1999] typowe stężenia chloru gazowego stosowane do dezynfekcji ścieków odprowadzanych z oczyszczalni miejskiej wynoszą od 5 do 20 mg/dm³ przy 30–60 min czasie kontaktu, przy czym warunkiem wysokiej skuteczności procesu jest niskie stężenie zawiesiny. Usuwanie niektórych wirusów i oocyst pierwotniaka *Cryptosporidium* wymaga znacznie wyższych stężeń wolnego chloru - odpowiednio od 20 do 40 mg/dm³ i 80 mg/dm³ przy 90-minutowym czasie kontaktu [Barbeau i in. 1999; Bitton 2011]. W tym miejscu trzeba wspomnieć, że chlor w małym stopniu rozpuszcza się w ściekach oczyszczonych, a w nieoczyszczonych bardzo słabo. Bardzo prawdopodobne jest zatem, że biorąc pod uwagę specyficzny rodzaj ścieków jakim są na przykład nieoczyszczone ścieki poszpitalne, szczególnie ze szpitali zakaźnych (duże stężenie farmaceutyków oraz bakterii i wirusów), dawki chloru musiałyby oscylować w granicach 1000 mg/dm³ ścieków.

Ciągle niedocenianym (zapewne ze względów ekonomicznych) środkiem mikrobójczym w dezynfekcji ścieków jest ozon. Niszczy on jednak wszystkie mikroorganizmy, jakie potencjalnie występują w ściekach, wliczając w to cząstki wirusów i cysty/oocysty pierwotniaków. Proces inaktywacji mikroorganizmów przebiega gwałtownie już przy niskich (rzędu 13 mg/dm³) stężeniach ozonu. W stężeniu resztkowym (1 mg/dm³), a nawet niższym, inaktywuje mikroorganizmy odporne na chlorowanie, jak na przykład wirus polio typu 3, czy cysty pierwotniaków *Cryptosporidium* i *Giardia* [Janex i in. 2000; Bader i Hoigne 1982]. Podczas dezynfekcji ścieków oczyszczonych z zastosowaniem ozonu w formie gazowej, podobnie jak podczas chlorowania, występują trudności z jego rozpuszczeniem w ściekach. W przypadku ścieków oczyszczonych, dawka ozonu gazowego potrzebna do inaktywacji 97–99% patogenów wynosi około 5 mg/dm³ przy ponad 90% skuteczności mieszania. Natomiast przy stosowaniu ozonu gazowego do dezynfekcji ścieków nieoczyszczonych poszpitalnych, w których występują duże stężenia farmaceutyków, dawki ozonu mogą oscylować w granicach 20–50 mg/dm³ ścieków przy ponad 90% skuteczności mieszania. Dlatego, w celu osiągnięcia lepszego efektu mieszania, a zarazem zwiększenia efektywności procesu ozonowania, należy do dezynfekcji ścieków stosować odgazowaną wodę wysoko ozonowaną (OWWO). Jej zastosowanie umożliwia skuteczność mieszania dochodzącą do 100% przy jednoczesnym zmniejszeniu stężenia dozowanego ozonu. Jak wynika z badań prowadzonych od kilku miesięcy na oczyszczalni ścieków w Jaworznie, podczas dezynfekcji ścieków oczyszczonych prowadzonej z wykorzystaniem OWWO z ozonem resztkowym na poziomie 2-3 ppm, można zmniejszyć stężenie dozowanego ozonu do 1 mgO₃/dm³

ścieków przy skuteczności 80%, a przy skuteczności ponad 90%, nawet do 0,3 mgO₃/dm³ ścieków. Należy przyjąć, że dawki OWWO do stosowania przy ściekach nieoczyszczonych poszpitalnych, w których występują wysokie stężenia farmaceutyków, będą wyższe niż w ściekach po klasycznej oczyszczalni ścieków. Dla pełnego bezpieczeństwa dezynfekcji ścieków poszpitalnych, w celu inaktywacji wirusów należy stosować do 1 m³ OWWO o stężeniu 2-3 ppm na 1 m³ ścieków.

Proces inaktywacji patogenów za pomocą OWWO jest procesem ekologicznym, gdyż ozon rozkłada się do czystego tlenu, nie wprowadzając do ścieków dodatkowych pierwiastków chemicznych, co zapobiega wzrostowi toksyczności ścieków po procesie. Badania przeprowadzone na roślinach naczyniowych *Lemna minor* zgodnie z normą OECD Guideline 221, potwierdzają powyższe założenia technologiczne.

Porównując koszty procesu dezynfekcji ścieków poszpitalnych chlorem i ozonem, należy przyjąć średnie rynkowe ceny środków dezynfekcyjnych. Jak wynika z kalkulacji, dezynfekcja 1 m³ ścieków poszpitalnych z zastosowaniem chloru wyniesie około 14 zł, natomiast z zastosowaniem ozonu 3,5 zł. Choć nakłady inwestycyjne przy zastosowaniu OWWO są wyższe niż w przypadku chloru, to przy ciągłym prowadzeniu procesu zwrot różnicy poniesionych kosztów może nastąpić już po okresie od 1 do 2 lat.