



Rys. 7.10. Miejsca monitorowania substancji endokrynnie aktywnych i farmaceutyków w wodzie wodociągowej na świecie [126]

7.7.2. Metody usuwania substancji endokrynnie czynnych i farmaceutyków z wody

Brak podatności farmaceutyków i substancji endokrynnie aktywnych na biodegradację powoduje, że substancje te przedostają się do wód ze ściekami do nich odprowadzanymi. Oznacza to, że konieczne jest ich usuwanie w procesach jednostkowych oczyszczania wody. Konwencjonalne procesy oczyszczania wody (koagulacja, sedimentacja, flotacja, filtracja) są niewystarczające w usuwaniu EDCs, farmaceutyków ani substancji ochrony osobistej z wody [25, 40, 127].

Stopień hydrofobowości może wpływać na przydatność procesu koagulacji w eliminacji farmaceutyków, dlatego w części doniesień literaturowych [136] jest to proces zapewniający znaczne zmniejszenie stężeń farmaceutyków, a w innych [51] stwierdza się, że koagulacja nie ma wpływu na usuwanie substancji czynnych z wody.

Wśród procesów wykorzystywanych powszechnie w oczyszczaniu wody, a skutecznie obniżających zawartość farmaceutyków i EDCs, wskazywane są adsorpcja na granulowanym węglu aktywnym poprzedzonym ozonowaniem [117]. Natomiast wśród zaawansowanych procesów wykorzystywanych do usuwania farmaceutyków i EDCs są fotoliza, fotokataliza i odwrócona osmoza [50, 103].

Najwięcej danych literaturowych dotyczy usuwania farmaceutyków w procesach utleniania chemicznego oraz fotolizy. Badania Zwienera i Frimmela [136] wykazały, że proces ozonowania działa selektywnie na poszczególne grupy farmaceutyków,

a całkowitą mineralizację stwierdzono jedynie w odniesieniu do diklofenaku. Ozonowanie prowadzi więc do powstawania pośrednich produktów utleniania większości z analizowanych farmaceutyków, które mogą wykazywać większą toksyczność niż substraty reakcji [100]. Wzrost skuteczności usuwania farmaceutyków w procesie utleniania uzyskano natomiast przez zastosowanie mieszaniny ozonu i nadtlenku wodoru [54]. Jednak ciągle nie zapewniło to całkowitej eliminacji badanych substancji czynnych z wody.

Analiza porównawcza skuteczności kilku powszechnie stosowanych utleniaczy [130] wykazała, że nawet zastosowanie dużych ich dawek nie zapewniło całkowitej mineralizacji farmaceutyków i EDCs. Wśród badanych utleniaczy najskuteczniejszy okazał się chlor wolny. Badania te wykazały również, że podatność każdego z analizowanych farmaceutyków na utlenianie była różna i zależała od ich właściwości, np. ibuprofen bardzo trudno reagował z każdym z zastosowanych utleniaczy, tj. chlorem, ozonem, nadmanganianem potasu i chloraminami. Natomiast amoksycylina była usuwana w procesie ozonowania i fotolizy [54] ze znacznie większą skutecznością niż ibuprofen.

Porównanie skuteczności zaawansowanych metod utleniania wobec wybranych farmaceutyków przedstawiono w tabeli 7.9. Wyniki tych badań wskazują na wpływ rodzaju zastosowanej metody, dawki stosowanych utleniaczy oraz wartości pH roztworu na przebieg i skuteczność procesu. Najistotniejszym parametrem decydującym o skuteczności zaawansowanych procesów utleniania jest jednak rodzaj i stężenie początkowe utlenianej substancji czynnej.

Tabela 7.9. Skuteczności procesów zaawansowanego utleniania wybranych farmaceutyków [64]

Stosowana metoda zaawansowanego utleniania	Usuwane farmaceutyki	Rodzaj roztworu wodnego	Skuteczność, czynniki wpływające na skuteczność
UV, UV/H ₂ O ₂	10 leków przeciwbólowych 4 leki przeciwarytmiczne 12 antybiotyków 15 innych	woda wodociągowa	skuteczność zależała od rodzaju farmaceutyków, a po dodaniu nadtlenku wodoru wszystkie były usuwane ze skutecznością powyżej 90%
UV, UV/H ₂ O ₂	sulfametoksazol sulfametazyna sulfadiazyna trimetoprim bisfenol A diklofenak	woda modelowa na bazie zdejonizowanej i ścieki oczyszczone	skuteczność fotolizy zależała od wartości pH, a fotolizy wspomaganą nadtlenkiem wodoru przede wszystkim od rodzaju substancji
UV	sulfasalazyna sulfapirydyna kwas 5-aminosalicylowy	woda modelowa na bazie zdejonizowanej	mała podatność na fotolizę