

## ***Katalizatory na bazie mieszanych tlenków metali do usuwania zanieczyszczeń antybiotykowych z wód na drodze procesu ozonowania wspomaganego światłem***

Antybiotyki są popularnymi farmaceutykami stosowanymi jako lekarstwa, a także jako substancje wspomagające wzrost w rolnictwie, akwakulturach wodnych, pszczelarstwie i hodowli zwierząt. Aktualnie, substancje te są wykrywane nie tylko w ściekach i oczyszczalniach ścieków, ale również w naturalnych ekosystemach, takich jak rzeki czy jeziora. Ich wciąż wzrastające stężenie w środowisku przyrodniczym jest dużym problemem, ponieważ może się ono przyczynić do wytworzenia przez bakterie odporności na działanie antybiotyków. W długoletniej perspektywie, akumulacja antybiotyków w środowisku naturalnym może skutkować nie tylko zmniejszeniem skuteczności terapii antybiotykowych przeciwko różnym patogenom, ale również powodować niepowodzenia w terapiach antybiotykowych stosowanych w medycynie, prowadząc do zwiększonej zachorowalności oraz śmiertelności. W celu zapobiegania takim sytuacjom, wielu naukowców opracowuje nowe metody efektywnego usuwania zanieczyszczeń antybiotykowych ze ścieków przemysłowych i komunalnych. Wśród szerokiej gamy różnych metod, szczególną uwagę poświęca się tzw. zaawansowanym procesom utleniania (ang. *advanced oxidation processes*; AOPs), które uważane są za jedne z najbardziej obiecujących i przyjaznych środowisku metod umożliwiających osiągnięcie wyżej wymienionego celu. Tak zwane zaawansowane procesy utleniania stanowią rodzinę podobnych, ale nie identycznych technologii, których głównym celem jest wytworzenie silnie utleniających indywiduali, takich jak reaktywne formy tlenu (ang. *reactive oxygen species*, ROS; np. rodniki hydroksylowe). W ostatnich dziesięcioleciach obserwowany jest duży postęp w katalitycznym usuwaniu zanieczyszczeń antybiotykowych z wykorzystaniem AOPs, ale wciąż istnieją pewne problemy, które wymagają rozwiązania. Szczególnie istotne są badania nad toksycznością produktów powstających podczas procesów degradacji oraz zwiększenie efektywności mineralizacji<sup>i</sup> antybiotyków z wykorzystaniem AOPs. Oba te problemy są niezwykle istotne z praktycznego punktu widzenia, ponieważ niektóre produkty degradacji mogą wykazywać większą toksyczność niż wyjściowe zanieczyszczenia.

Myślą przewodnią projektu jest opracowanie nowych dwu- i trójskładnikowych katalizatorów bifunkcyjnych na bazie tlenku niobu(V) i/lub tlenku wolframu(VI), które będą łączyć i) dużą pojemność sorpcyjną tych tlenków, wynikającą z ich silnej kwasowości, a także ii) ich unikalną zdolność do zmiany właściwości innych składników poprzez obecność zjawiska silnego oddziaływania pomiędzy nośnikiem a składnikiem aktywnym, z dużą reaktywnością innych składników nieorganicznych w degradacji zanieczyszczeń na drodze AOPs, umożliwiając uzyskanie bardziej dogodnych warunków dla efektywnej mineralizacji wybranych antybiotyków. Głównym celem projektu jest poszerzenie fundamentalnej wiedzy na temat zależności pomiędzy składem i właściwościami nowych katalizatorów bifunkcyjnych na bazie Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i WO<sub>3</sub> a ich zdolnością do tworzenia ROS podczas AOPs, jak również aktywnością tych nowych materiałów w mineralizacji wybranych antybiotyków. Istotną część projektu stanowić będą badania nad poznaniem mechanizmów reakcji na powierzchni bifunkcyjnych katalizatorów, analiza ścieżek degradacji wybranych antybiotyków oraz badanie roli reaktywnych form tlenu w mineralizacji zanieczyszczeń antybiotykowych. W związku z tym, że część produktów degradacji może wykazywać większą toksyczność niż wyjściowe zanieczyszczenia antybiotykowe, projekt będzie również obejmował identyfikację najistotniejszych produktów pośrednich oraz analizę ich aktywności biologicznej. Przedmiotem badań będzie również optymalizacja składu katalizatorów oraz metodologii prowadzenia procesów utleniania w celu uzyskania możliwie najwyższej efektywności w adsorpcji i degradacji/mineralizacji wybranych zanieczyszczeń antybiotykowych.

Projekt wpisuje się w światowe trendy badawcze mające na celu poszukiwanie nowych, wysoce efektywnych i przyjaznych dla środowiska metod usuwania zanieczyszczeń antybiotykowych z wody (*Cele Zrównoważonego Rozwoju*, nr 3 – dobre zdrowie i jakość życia, 6 – czysta woda i warunki sanitarne, 12 – odpowiedzialna konsumpcja i produkcja; **Rysunek 1**). Oczekuje się, że wiedza uzyskana podczas realizacji tego projektu umożliwi uzyskanie głębokiego wglądu w unikalną zdolność niobu do modyfikowania właściwości innych metali

przejściowych poprzez efekt silnego oddziaływania pomiędzy nośnikiem a metalem, jak również reaktywność tych metali przejściowych w katalitycznym usuwaniu zanieczyszczeń antybiotykowych na drodze AOPs. Głęboki wgląd w aktywność ROS w procesie degradacji antybiotyków, w połączeniu ze szczegółową analizą ścieżek degradacji tych związków organicznych, pozwoli na lepsze zrozumienie roli ROS w degradacji/mineralizacji tych zanieczyszczeń poprzez AOPs. Badania podstawowe dotyczące aktywności biologicznej produktów degradacji pozwolą tak dobrać skład katalizatorów i warunki reakcji, aby uzyskać możliwie największą efektywność w kierunku tworzenia prostych i nietoksycznych produktów mineralizacji antybiotyków. W dłuższej perspektywie, wyniki uzyskane podczas realizacji projektu mogą przyczynić się do opracowania nowych, bardziej efektywnych metod/katalizatorów umożliwiających usunięcie zanieczyszczeń antybiotykowych z wody w przyjaznych dla środowiska warunkach, z użyciem ozonu i/lub energii zawartej w świetle. Zatem, realizacja tego projektu badawczego może umożliwić opracowanie nowych sposobów zapewnienia czystej i bezpiecznej wody dla ludzkości, i tym samym, może mieć wpływ na jakość każdego życia na Ziemi.



**Rysunek 1.** Cele Zrównoważonego Rozwoju, w które wpisuje się projekt badawczy.

<sup>i</sup> Mineralizacja jest końcowym etapem procesu degradacji, prowadzącym do całkowitego rozkładu związków organicznych do wody, tlenku węgla(IV) oraz prostych soli nieorganicznych.