

Bakterie są to proste organizmy jednokomórkowe, które pełnią w środowisku wiele pożytecznych funkcji. Biorą udział w rozkładzie materii organicznej na prostsze związki chemiczne, przyczyniając się do efektywnego funkcjonowania ekosystemów. Należy jednak pamiętać, że istnieją również bakterie patogenne, które mogą wywoływać infekcje i choroby. W związku z tym, od wieków poszukuje się skutecznych rozwiązań mających na celu zwalczanie bakterii chorobotwórczych.

W ostatnich latach obserwuje się malejącą skuteczność ogólnodostępnych środków antybakteryjnych ze względu na niewłaściwe ich stosowanie oraz wzrost oporności bakterii. W odpowiedzi na ten palący problem naukowcy coraz częściej sięgają po produkty nanotechnologii w walce z patogenami. Jednak zanim opracowane z wykorzystaniem tej technologii rozwiązania będą mogły być wprowadzone na rynek, konieczne jest przeprowadzenie wielu testów i badań. Ich celem jest potwierdzenie skuteczności zaprojektowanych rozwiązań, a także ocena możliwości bezpiecznego wykorzystania, stabilności w czasie oraz odpowiedniej utylizacji po zakończonym użytkowaniu. Niestety, brak jednolitej metodyki badawczej właściwości i charakterystyk nanomateriałów utrudnia te zadania.

Naukowcy udowodnili, że właściwości antybakteryjne nanomateriałów wynikają z różnych mechanizmów, które często występują jednocześnie. Jednak stosowanie odmiennych metod w badaniu tych właściwości prowadzi do uzyskiwania pojedynczych, wybiórczych informacji dotyczących zdolności biobójczych nanomateriałów. Przez to naukowcy mogą wyciągać odmienne i czasem sprzeczne wnioski. Ponadto, te same szczepy bakterii pochodzące z różnych źródeł zwykle wykazują zróżnicowaną wrażliwość na nanomateriały. Dodatkowo, transformacja nanomateriałów, która może zmieniać ich zdolności biobójcze, jest zanedbywana. Często w badaniach pomija się również wpływ nanomateriałów na komórki ludzkie i środowisko jako całość. Wszystko to prowadzi do niepełnego obrazu właściwości bioaktywnych nanomateriałów i utrudnia porównania międzylaboratoryjne. Z tego względu za cel projektu obrałem zidentyfikowanie oraz unifikację metod i technik, które umożliwią jednolite badanie właściwości antybakteryjnych nanomateriałów i dostarczą wyczerpujących informacji dotyczących charakteru zjawisk zachodzących na granicy materiał-struktura biologiczna. Przy opracowywaniu uniwersalnej metodyki badawczej istotne jest przeprowadzenie walidacji, aby sprawdzić, czy metoda generuje powtarzalne i wiarygodne wyniki. W tym celu konieczne jest wykorzystanie nanomateriałów modelowych, które zostały zaprojektowane i przygotowane w sposób umożliwiający badanie ich właściwości w kontekście naukowym.

W ramach projektu planuje się wykorzystanie nanomateriałów dwuwymiarowych opartych na borze. Pierwszym zastosowanym materiałem będzie borofen, prosty materiał dwuwymiarowy składający się wyłącznie z atomów boru. Następnie struktura ta będzie rozbudowywana poprzez wprowadzenie warstw boru naprzemiennie z metalami przejściowymi (np. molibdenem lub chromem) w nanostrukturach dwuwymiarowych, znanych jako fazy MBenes. Te fazy są tworzone przez podejście "odgórne" na bazie rodzicielskich faz MAB, gdzie litera M oznacza lekkie metale przejściowe, litera A odnosi się do pierwiastka z grupy IIIA lub IVA układu okresowego (np. glin), a litera B to bor. Zarówno skład chemiczny, jak i struktura tych materiałów wskazują na ich duży potencjał do zastosowania w różnych obszarach, łączących inżynierię materiałową, biotechnologię i inżynierię środowiska. Ponadto, ze względu na brak w pełni zbadanej struktury, stanowi fascynujący i perspektywiczny obszar badawczy.

Zaproponowana metoda badawcza integruje dotychczasowe osiągnięcia w dziedzinie technik mikrobiologicznych z nowatorskimi metodami pomiaru promieniowania rozproszonego. W celu wstępnej oceny skuteczności biobójczej, zostaną wykorzystane standardowe techniki mikrobiologiczne, takie jak hodowla bakterii na podłożach stałych i w płynach. Planowane jest również zbadanie tendencji bakterii do zasiedlania powierzchni materiałów oraz tworzenia biofilmu jako skupisk obronnych. W tym celu przeprowadzone będą obserwacje mikroskopowe oraz pomiar ładunku powierzchniowego. Badania będą również dotyczyły wpływu obecności materiału na bakterie poprzez analizę ilości reaktywnych form tlenu oraz ocenę zaburzeń równowagi między tymi formami a przeciwutleniaczami wytwarzanymi przez bakterie, a także ocenę odpowiedzi bakterii na te zaburzenia. Dużą uwagę poświęci się również analizie właściwości optycznych związanych z transformacją światła i możliwościami regulacji aktywności wobec bakterii, a w konsekwencji potencjałowi faz MBenes w terapiach fototermalnych. Otrzymane wyniki zostaną skorelowane z pomiarami przeprowadzonymi za pomocą spektroskopii Ramana i zwalidowane. Poskutkuje to opracowaniem nowatorskiej metodyki oraz lepszym zrozumieniem interakcji zachodzących na granicy materiał-struktura biologiczna.

Ponadto, projekt skupia się na szczegółowej charakterystyce materiału, przez co będzie mógł zostać uznany jako modelowy. Przeprowadzone zostaną obserwacje mikroskopowe oraz ocena składu fazowego i pierwiastkowego. Istotnym aspektem badań jest także badanie chemii powierzchni faz MBenes, mogącej rzutować na właściwości biologiczne opracowanych struktur.