

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie przyjaznymi środowisku **alternatywnymi źródłami energii** oraz **możliwościami uzyskiwania paliw i ważnych substancji chemicznych**. W tej sytuacji **niskotemperaturowe podejścia elektrochemiczne** obejmujące technologię ogniw paliwowych (w tym wodorowo-tlenowych), a także metody elektrolityczne oraz wykorzystujące światło słoneczne podejścia **fotoelektrochemiczne** wydają się być bardzo obiecujące.

Przykładowo w ostatnich latach rośnie zainteresowanie wykorzystaniem **ogniw paliwowych** (głównie wodorowo-tlenowych, ale i także zasilanych metanolem), w których źródłem energii jest elektrochemiczna reakcja spalania paliwa (np. wodoru doprowadzonego do anody) w tlenie (doprowadzanym do katody) jako „silników” w pojazdach samochodowych. Rozwój tej technologii jest bardzo uzależniony od postępu w badaniach podstawowych nad opracowaniem **bardziej efektywnych** i tańszych katalizatorów (zawierających niewielkie ilości platyny lub nawet bez metali szlachetnych) indukujących redukcję  $O_2$  do  $H_2O$  praktycznie bez  $H_2O_2$  jako produktu pośredniego.

Mając na względzie wzrastający poziom  $CO_2$  w atmosferze konieczne jest opracowanie efektywnej **konwersji dwutlenku węgla** na drodze selektywnej niskotemperaturowej **redukcji do prostych paliw organicznych** (np. alkoholi) lub związków chemicznych (przykładowo tak zwanego gazu syntetycznego będącego mieszaniną tlenku węgla i wodoru jako układu wyjściowego do syntezy ważnych związków chemicznych). Należy pamiętać, że  $CO_2$  jest produktem wielu procesów chemicznych, w tym reakcji spalania paliw kopalnych i jego nadmierna obecność w atmosferze zaburza naturalne środowisko człowieka (postulowany jest tzw. efekt cieplarniany). Zamierzamy przygotować **wielofunkcyjne nanomateriały**, które będą mogły pełnić funkcję **katalizatorów** umożliwiających przeprowadzenie konwersji dwutlenku węgla na drodze selektywnej elektrochemicznej redukcji. Przewidujemy wykorzystanie różnorodnych metod i technologii elektrochemicznych (w tym elektrolizerów rozkładających wodę do tlenu na anodzie oraz redukujących roztwory wodne  $CO_2$  do wodoru i prostych związków organicznych na katodzie). W badaniach **fotoelektrochemicznych** zostaną wykorzystane tlenkowe materiały półprzewodnikowe zdolne do indukowania procesu konwersji (redukcji) dwutlenku węgla po **naświetleniu światłem widzialnym**. Powierzchnia półprzewodników będzie modyfikowana („dekorowana”) nanostrukturami (np. grafenem) stabilizującymi substrat półprzewodnikowy i wpływającymi na **selektywność procesu** w kierunku fotogenerowania odpowiednich produktów (prostych paliw organicznych).

Dodatkowo przedmiotem naszych zainteresowań będzie poszukiwanie układów katalitycznych pozwalających na opracowanie nowej koncepcji **niskotemperaturowej redukcji (elektrolitycznej konwersji) azotu do amoniaku**. Wytwarzanie amoniaku jest bardzo ważnym procesem technologicznym zachodzącym jednak bardzo powoli i wymagającym ciśnieniowego aparatu kontaktowego. Naszą intencją jest **wytwarzanie  $NH_3$  z  $N_2$  w warunkach elektrochemicznych w temperaturach niższych niż  $100^\circ C$  i pod ciśnieniem atmosferycznym**. Postęp w kierunku **elektrolitycznego tworzenia amoniaku** wymagałby opracowania skutecznych **katalizatorów do redukcji azotu**. Cząsteczka  $N_2$  z potrójnym wiązaniem jest najbardziej **inertnym reagentem**, który wymaga specjalnych środków aktywacji poprzez silną adsorpcję na powierzchni katalitycznej. *Typowe elektrokatalizatory są bardziej aktywne w kierunku wydzielania wodoru niż wytwarzania amoniaku*. Zaproponowane przez nas materiały katalityczne będą miały charakter **nanostrukturalny, wielofunkcyjny** (np. będą spowalniały wydzielanie wodoru, a indukowały rozkład cząsteczki  $N_2$ ) i będą zawierały centra złożone z odpowiednio dobranych nanocząstek metali, tlenków metali, funkcjonalizowanych nanostruktur węglowych i azotków metali.

Wyniki uzyskane w trakcie realizacji projektu powinny doprowadzić do opracowania nowych **katalizatorów wykazujących się selektywnością w procesie redukcji tlenu** (niezawierających metali szlachetnych lub o niskiej zawartości Pt), w którym w znacznym stopniu **zmniejszy się tworzenie niepożądanego związku pośredniego  $H_2O_2$** . Spodziewamy się opracowania metodologii pozwalającej na **bardziej selektywną konwersję elektrochemiczną  $CO_2$**  (również w środowisku kwaśnym) do małych cząsteczek organicznych (np. prostych paliw). Wierzymy, że postęp w rozwoju i wykorzystaniu katalizatorów w kierunku **selektywnej elektrolitycznej redukcji azotu** umożliwi efektywne wytwarzanie amoniaku na poziomie wyższym niż śladowym. Projekt zawiera w sobie duże ryzyko naukowe, ale potencjalne korzyści wydają się ogromne. Nawet gdyby nie wszystkie zaproponowane przez nas układy katalityczne działały tak skutecznie, jak zaplanowano, mamy nadzieję, że uzyskane informacje mogą mieć znaczenie kluczowe dla dalszego rozwoju heterogenicznej katalizy elektrochemicznej, obejmującej procesy redukcji ważnych technologicznie wysoce inertnych reagentów.