

*Komitet Redakcyjny: dr inż. Aleksander Sobolewski, dr hab. inż. Sławomir Stelmach,
dr inż. Lucyna Więctaw-Solny, prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała*

dr inż. Lucyna Więctaw-Solny, prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała
Instytut Technologii Paliw i Energii

dr hab. inż. Henryk Majchrzak, prof. nadzw.
Wiceprzewodniczący Rady Zarządzającej PK WEC, Politechnika Opolska

Wychwytywanie CO₂ w energetyce i chemii oraz jego dalsze wykorzystanie – ważnym tematem konferencji World Energy Council 2022

CO₂ capture in power and chemical industry and its further use – an important theme of the World Energy Council Conference 2022

Jednym z kluczowych wyzwań, przed którym stoi większość podmiotów sektora energetycznego jest obniżenie kosztów związanych z redukcją emisji CO₂. Temu tematowi była poświęcona konferencja zatytułowana „Problemy CO₂ w energetyce zawodowej – możliwości redukcji kosztów i wpływu na środowisko”, zorganizowana w dniu 27 stycznia 2022 roku przez Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej (World Energy Council). Praktyczne doświadczenia w zakresie technologii CCUS zawierał referat przedstawiony na tej konferencji przez prof. Jarosława Zuwałę. Istotną część referatu dotyczyła kluczowego aspektu związanego z możliwością efektywnego wykorzystania CO₂ w różnych gałęziach przemysłu i usług. W artykule szczegółowo omówiono te zagadnienia.

Słowa kluczowe: redukcja emisji CO₂, redukcja kosztów i wpływu na środowisko, Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej, efektywne wykorzystanie CO₂ w różnych gałęziach przemysłu i usług

One of the key challenges to be faced by majority of energy sector entities is lowering of costs connected with CO₂ emission reduction. And to this problem was devoted a conference entitled "Problems with CO₂ in commercial power generation – possibilities of costs and environmental impact reduction" held on 27 January 2022 by the Polish Committee of the World Energy Council. The paper, presented during this conference by Prof. Jarosław Zuwała, described practical experience gathered in the field of CCUS technology and a significant part of it concerned the key aspect connected with possibility of efficient use of CO₂ in various branches of industry and services. All these issues were discussed in detail in the article.

Keywords: CO₂ emission reduction, costs and environmental impact reduction, Polish Committee of the World Energy Council, efficient use of CO₂ in various branches of industry and services

Wprowadzenie

Polityka energetyczno-klimatyczna Unii Europejskiej od lat, konsekwentnie, jest ukierunkowywana na dekarbonizację gospodarki i obniżenie emisji CO₂ oraz innych szkodliwych substancji do atmosfery. Przyjmowane przez kraje członkowskie coraz bardziej ambitne cele dotyczące poziomów emisji CO₂ do atmosfery zaowocowały m.in. przyjęciem długotermi-

nowego planu – tzw. Europejskiego Zielonego Ładu. Jest to nowa strategia na rzecz wzrostu, której celem jest przekształcenie UE w sprawiedliwe i dobrze prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce, która w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto i w ramach której wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystywania zasobów naturalnych [1].

Osiągnięcie wymienionych celów oznacza konieczność transformacji energetycznej krajów członkowskich poprzez: obniżenie stopnia użytkowania paliw kopalnych, rozwój technologii zeroemisyjnych z wykorzystaniem odnawialnych zasobów energii oraz rozwój technologii niskoemisyjnych lub obniżających emisję dla procesów, w przypadku których nie ma możliwości eliminacji paliw kopalnych.

Dla ostatniego przypadku oraz w okresie przejściowym do 2050 r. szczególnego znaczenia nabierają technologie związane z wychwytem CO₂ z konwencjonalnych procesów generacji energii elektrycznej czy też separacji CO₂ z gazów procesowych/poprosocowych w przemyśle chemicznym, cementowym czy rafineryjnym. Istnieje wiele metod wychwytu CO₂ ze strumieni gazowych, wybór odpowiedniej dla danego zastosowania zależy będzie od parametrów gazu, z którego ma być wydzielany CO₂ oraz od kierunku dalszego wykorzystania CO₂.

Jednym z kluczowych wyzwań, przed którym stoi większość podmiotów sektora energetycznego jest redukcja kosztów związanych z redukcją emisji CO₂. Mając na uwadze tak poważne wyzwanie, przed jakim stoi również Polska, Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej (PK WEC) – jako organizacja, która łączy w szczególności krajowych liderów i ekspertów świata elektroenergetyki w sferach przemysłu, usług oraz nauki i badań, a także przedstawiciele administracji rządowej – postanowił zorganizować forum otwartej dyskusji poświęconej wymienionemu tematowi. W odpowiedzi na tę potrzebę środowiska, Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej zorganizował w dniu 27 stycznia 2022 roku konferencję zatytułowaną: „Problemy CO₂ w energetyce zawodowej – możliwości redukcji kosztów i wpływu na środowisko”.



Konferencję otworzył Pan dr Paweł Pikus, Przewodniczący Rady Zarządzającej PK WEC, który podkreślił rolę i znaczenie Polskiego Komitetu Światowej Rady Energetycznej w Polsce. Przewodniczący przedstawił organizację, jej misję oraz cele strategiczne podkreślając, że Polski Komitet jest częścią globalnej społeczności należącej do Światowej Rady Energetycznej (World Energy Council – WEC).

Gościem konferencji był Pan Sjoerd Ammerlaan, przedstawiciel Sekretariatu WEC, Dyrektor Regionalny ds. Europy, który zaprezentował działania podejmowane przez Światową Radę Energetyczną oraz podkreślił, iż nadrzędną misją WEC jest promowanie zrównoważonych dostaw i pokojowego wykorzystywania energii z możliwie największą korzyścią dla wszystkich ludzi globu.

Prezentację otwierającą dyskusję w części technologicznej przedstawił Pan prof. Henryk Majchrzak – wiceprzewodniczący Rady Zarządzającej PK WEC. W swoim wystąpieniu zaakcentował szeroki kontekst wymienionego zagadnienia, obejmującego problemy technologiczne, środowiskowe i ekonomiczne. Podkreślił konieczność odważnego wdrażania dostępnych na rynku, często sprawdzonych już technologii. Nie będzie można bez nich

rozwiązać kluczowych problemów środowiskowych i utrzymania konkurencyjności gospodarki, z którymi będzie musiał się zmierzyć europejski sektor energetyczny.

Pan Michał Jabłoński, Zastępca Dyrektora ds. Ochrony Środowiska Towarzystwa Gospodarczego Polskie Elektryczne, przedstawił silny wpływ emisji CO₂ na koszty wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, akcentując konieczność redukcji wymienionych kosztów w energetyce zawodowej w okresie dokonującej się transformacji energetycznej. Podkreślono również konieczność dokonania korekt europejskich mechanizmów kształtowania cen uprawnień do emisji, wskazując na konkretne przykłady w tym zakresie.

Kolejnym ekspertem uczestniczącym w konferencji był Pan prof. Tadeusz Chmielniak z Politechniki Śląskiej, który przedstawił techniczne i ekonomiczne aspekty złożonej integracji obiegów termodynamicznych elektrowni konwencjonalnych z instalacjami do separacji CO₂ ze spalin wylotowych. Na przykładzie bloków referencyjnych zaprezentowano konkretne rozwiązania modernizacji obiegów siłowni oraz podano wyniki wykonanych studiów lokalizacyjnych. Rozwiązania szczegółowe dotyczyły metod absorpcyjnych z wykorzystaniem amin i amoniaku, zaprezentowano ciekawe rozwiązania dla ograniczenia zużycia ciepła koniecznego do przeprowadzenia procesu desorpcji.

Z kolei Pani prof. Barbara Uliasz-Misiak z Akademii Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica przedstawiła prezentację analizując wieloaspektowo proces podziemnego składowania oraz możliwości dalszego wykorzystania CO₂. Prezentacja obejmowała konkretne przykłady działających instalacji w różnych krajach świata oraz pierwsze doświadczenia krajowe. Przedstawiono szczegółowe dane na temat pojemności dostępnych w Polsce struktur geologicznych. Zaprezentowano wyniki opracowania strategii rozwoju technologii wychwytywania, transportu, utylizacji i składowania CO₂ w Polsce oraz pilotażu Polskiego Klastra CCUS.

Spojrzenie branży przemysłowej zaprezentowała Pani Dagmara Gorzelana, Dyrektor Biura Integracji Zarządzania Projektami Rozwojowymi i Efektywnościowymi PKN ORLEN. W pierwszej części wystąpienia przedstawiono szerszy kontekst europejskich regulacji w zakresie dekarbonizacji gospodarki oraz wynikające stąd cele dla Polski. W zasadniczej części prezentacji przedstawione zostały strategiczne kierunki dekarbonizacji procesów produkcyjnych w koncernie oraz wynikające stąd aktualnie prowadzone działania i przygotowywane nowe projekty w tym obszarze.

W ramach toczącego się podczas konferencji dialogu ekspertów został poruszony również kluczowy aspekt regulacji prawnych dotyczących obszaru wykorzystywania technologii CCS w Polsce. Zagadnienie to przedstawił Pan Mirosław Maciąg – przedstawiciel Departamentu Elektroenergetyki i Gazu Ministerstwa Klimatu i Środowiska. Wskazano kierunki koniecznych i planowanych zmian w tym zakresie.

Praktyczne doświadczenia w zakresie technologii CCUS zawierał referat przedstawiony przez Pana prof. Jarosława Zuwałę, Zastępcę Dyrektora ds. Badań i Rozwoju Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla (obecnie Instytut Technologii Paliw i Energii). Wystąpienie dotyczyło szerokich kompetencji i wieloletnich doświadczeń pracowników Instytutu w obszarze technologii wychwytywania CO₂ zdobyte w podmiotach sektora

energetyki i chemii. Istotną część prezentacji dotyczyła kluczowego aspektu związanego z możliwością efektywnego wykorzystania CO₂ w różnych gałęziach przemysłu i usług. Szczegółowo zagadnienia te omówiono w dalszej części artykułu.

W końcowej części konferencji odbyła się interesująca sesja dyskusyjna, w której oprócz prelegentów wzięli udział eksperci nie tylko z branży energetycznej. Wniosek końcowy wskazuje, że temat dekarbonizacji należy postrzegać możliwie szeroko, gdyż tylko w ten sposób można realnie ograniczyć negatywny wpływ emisji gazów cieplarnianych na środowisko i gospodarkę w wymiarze globalnym.

Wykorzystanie wychwyconego CO₂ w energetyce i przemyśle chemicznym – rozwój kompetencji Instytutu Technologii Paliw i Energii

Technologie oczyszczania i separacji gazów metodami absorpcji chemicznej i adsorpcji rozwijane są w Instytucie już od szeregu lat. W wyniku prac realizowanych w Programie Strategicznym „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”, w latach 2010-2015 opracowano i rozwinięto technologię aminowego usuwania CO₂ ze spalin pochodzących z bloków węglowych. Wraz z partnerami przemysłowymi – firmami *Tauron Polska Energia S.A.* i *Tauron Wytwarzanie S.A.*, Instytut uruchomił pierwszą tego typu instalację pilotową umożliwiającą wychwyt CO₂ ze spalin pracującego bloku węglowego. Z uwagi na mobilny charakter instalacji pilotowej, prace testowe realizowane były w elektrowniach Łaziska oraz Jaworzno, należących do przedsiębiorstwa *Tauron Wytwarzanie*. Ciągłe doskonalenie technologii poprzez modyfikacje procesowe oraz dobór zaawansowanych sorbentów aminowych pozwoliły na obniżenie zapotrzebowania energetycznego procesu regeneracji sorbentu z 4,26 do 3,16 MJ/kg usuniętego CO₂. W praktyce oznaczało to zmniejszenie zużycia ciepła w procesie regeneracji sorbentu, które docelowo miałyby pochodzić z pary pobieranej z upustu części niskoprężnej turbiny parowej. Dla elektrowni pobór ten oznacza zmniejszenie ilości energii elektrycznej generowanej w układzie doposażonym w instalacje wychwyty CO₂, albo zwiększenie zużycia paliwa dla utrzymania zadanej produkcji energii elektrycznej i tym samym spadek sprawności energetycznej bloku. Dlatego też w ramach prac nad technologiami wychwyty CO₂ główny nacisk kładzie się na poszukiwanie sposobów obniżenia zużycia energii, niezbędnej w tym procesie.

Technologie usuwania CO₂ mogą znaleźć zastosowanie nie tylko w energetyce, ale także w innych gałęziach przemysłu, przyczyniając się do obniżenia emisji CO₂ do atmosfery. Przykładem przemysłu generującego znaczne ilości ditlenku węgla jest przemysł sodowy, w którym wychwycony z jednego z występujących gazów procesowego CO₂ wykorzystany może być w kolejnym z etapów produkcji sody, zmniejszając tym samym emisję CO₂ do atmosfery oraz obniżając koszty produkcji. Opracowane przez Instytut i przedsiębiorstwo *Ciech Soda Polska* rozwiązanie zostało opatentowane i planowane jest wdrożenie metody wychwyty, zatężania i oczyszczania CO₂ w procesie produkcji sody kalcynowanej w inowrocławskich zakładach sodowych *Ciechu* [2].



Rys. 1. Skalowanie procesu usuwania CO₂ na przykładzie technologii opracowanej w Instytucie

Instalacje wykorzystane do badań:
laboratoryjna – 5 m³/h (lewa górna), pilotowa – 20-100 m³/h (prawa górna),
pilotowa – 200 m³/h (dolna)

Technologia wychwyty CO₂ pozwala również na pozyskanie zielonego CO₂ np. z różnego rodzaju bioprocessów. Przykładem takiego zastosowania może być, dofinansowany przez NCBR, projekt „Prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem innowacyjnej technologii pozyskiwania bio-CO₂ powstającego podczas procesów fermentacyjnych”, realizowany przez Instytut na terenie gorznelni w Żmudzi. Opracowany w ramach tego projektu układ technologiczny pozwala na pozyskanie nawet 650 kg ciekłego ditlenku węgla w przeliczeniu na każde 1000 dm³ wyprodukowanego etanolu technicznego. Samo zastosowanie układu wstępnego oczyszczania CO₂ pozwala na odzyskanie 30 kg etanolu na dobę z gazów pofermentacyjnych. Dodatkowe zastosowanie układu głębokiego osuszania zwiększa tę ilość do 60 kg/dobę. Istotną korzyścią technologiczną jest wychwyt piany oraz kropeł fermentującego roztworu cieczy porywanych ze strumieniem gazów fermentacyjnych. Projekt opracowano dla zdolności produkcyjnej gorznelni wynoszącej 4,5 mln dm³ etanolu na rok. Niebagatelną rolę odgrywają również względy ekologiczne, w tym przede wszystkim ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Odbiorcami wychwyconego bio-CO₂ mogą być przede wszystkim branża spożywcza, farmaceutyczna i kosmetyczna.

Zgodnie z ideą technologii CCUis (ang. Carbon Capture Utilization and Sequestration) wychwycony ditlenek węgla może być ponownie wykorzystany w różnego rodzaju procesach lub składowany w strukturach geologicznych. Z uwagi na niski poziom akceptacji społecznej oraz dodatkowe koszty związane ze składowaniem podziemnym CO₂, coraz większym zainteresowaniem cieszą się prace ukierunkowane na rozwój procesów utylizacji CO₂. Instytut, podchodząc do zagadnienia obniżenia emisji CO₂ w sposób kompleksowy, rozwija również obszar związany z jego zagospodarowaniem m.in. w syntezie chemicznej, traktując go jako substrat – źródło pierwiastka C. Okazuje się bowiem, że wydzielony ditlenek węgla oraz wodór mogą stanowić substraty wyjściowe dla wielu syntez, m.in. CH₄ (ang – SNG-Synthetic Natural Gas), metanolu, paliw płynnych,

