

Dr hab. Andrzej T. Szablewski, prof. PŁ

Katedra Ekonomii
Politechnika Łódzka

Implementacja CCS w elektroenergetyce: katalog problemów

UWAGI WSTĘPNE

Elektroenergetyka węglowa staje przed wielką szansą zasadniczej zmiany technologiczno-strukturalnej o charakterze modernizacyjnym. Wymuszać ją będzie konieczność sprostania już w nieodległej przyszłości coraz ostrzejszym wymaganiom w zakresie ograniczania emisji CO₂. Wiąże się to z narastającym już od dwóch dekad naciskiem ze strony środowisk, lansujących tezę o po pierwsze, wywołanym nadmierną emisją CO₂, szkodliwym ocieplaniem się klimatu, po drugie, katastrofalnych dla środowiska, ludzi i gospodarki skutkach braku działań w zakresie radykalnej redukcji CO₂ oraz po trzecie, konieczności skoordynowania w skali globalnej działań w tym zakresie. Teza ta znalazła swoje uzasadnienie w wielu ważnych dla przyszłego rozwoju energetyki dokumentach [Schiffer, 2009; IEA, 2006; *Special Report...2005*; *Scoping Paper...*, 2004].

O ile jeszcze do niedawna w sensie politycznym teza ta popierana była głównie przez Unię Europejską, przy jednoczesnym braku wsparcia ze strony USA i innych krajów z dużą emisją CO₂, o tyle zeszłoroczny wybór nowego prezydenta USA sprawił, że kwestia ta znalazła się w centrum uwagi. Można zatem sądzić, że podjęta w 2008 r. na spotkaniu G-8 wstępna decyzja o ograniczeniu o 50% całkowitej emisji CO₂ do roku 2050 będzie skutkować wprowadzeniem odpowiednich regulacji, które wymuszać będą na emitentach CO₂ podejmowanie odpowiednich działań. Tego rodzaju regulacje już zresztą obowiązują w Unii Europejskiej.

Konsekwencje decyzji w sprawie ograniczania emisji CO₂ w pierwszej kolejności dotkną sektor wytwarzania energii elektrycznej, w tym przede wszystkim elektrownie węglowe. Wynika to z tego, że po pierwsze sektor ten jest największym emitentem – udział energetyki węglowej w całkowitej emisji CO₂ we wszystkich krajach UE kształtuje się na poziomie 24% [*Commission Communication...*, 2006, s. 1]; po drugie, ze względu na wysoki stopień koncentracji produkcji energii elektrycznej, stosunkowo najłatwiej będzie można wyegzekwować nakładane ograniczenia oraz po trzecie, przyjmuje się, że sektor ten dyspo-

nuje alternatywnymi, niskoemisyjnymi sposobami wytwarzania energii elektrycznej [Sioshansi, 2009, s.64].

W przypadku tej ostatniej kwestii obszar wyboru sprowadza się do czterech zasadniczych opcji [Frei, 2008]. Pierwsza z nich zakłada powrót do szybkiego rozwoju energetyki atomowej. Opcja druga to postawienie na rozwój energetyki opartej na odnawialnych źródłach energii, w tym zwłaszcza energetyki wiatrowej oraz solarnej. Trzecia opcja dotyczy działań na rzecz zasadniczego wzrostu efektywności energetycznej, co oznacza podnoszenie sprawności energetycznej procesów wytwarzania energii elektrycznej, zmniejszanie strat sieciowych oraz racjonalne użytkowanie energii elektrycznej przez jej końcowych odbiorców. Wreszcie opcja czwarta to tzw. technologia CCS (*Carbon Capture and Storage*), która zakłada wychwytywanie (określane również jako sekwestracja) i magazynowanie około 90% CO₂ zawartego w węglu i gazie naturalnym używanym do produkcji energii elektrycznej.

Z perspektywy polskiej energetyki opartej, w stopniu niespotykanym na świecie, na węglu kamiennym i brunatnym – pochodzi stąd 95% produkcji energii elektrycznej – technologia CCS jest warunkiem nie tylko modernizacji, ale wręcz jej przetrwania. Warto więc przyjrzeć się bliżej tej technologii, zwłaszcza jeśli uwzględnić, że w Polsce na zaawansowanym etapie przygotowań znajdują się dwa tzw. demonstracyjne projekty, których zadaniem będzie jej przetestowanie w procesach wytwarzania energii elektrycznej zarówno z węgla kamiennego jak i brunatnego. Chodzi tutaj o projekt, który realizowany ma być w Elektrowni Bełchatów (wraz z budową nowego bloku 858 MW na węgiel brunatny) oraz projekt zbudowania tzw. obiektu poligeneracyjnego, który wytwarzałby ciepło, energię elektryczną oraz gaz syntezowy używany w przemyśle chemicznym.

Celem tego artykułu jest uporządkowanie wiedzy w zakresie podstawowych problemów, których rozwiązanie będzie determinować możliwości i tempo wdrażania tej technologii w sektorze wytwarzania energii elektrycznej. Problemy te podzielone są na trzy grupy. Pierwsza z nich odnosi się do problemów natury technicznej, druga do kwestii związanych ze społeczną percepcją i akceptacją tej technologii i wreszcie trzecia obejmuje zagadnienia jej ekonomicznej opłacalności.

PROBLEMY TECHNICZNE

Na pierwszy rzut oka może się wydawać, że biorąc pod uwagę fakt, iż wszystkie trzy podstawowe elementy tej technologii – czyli sekwestracja, transport oraz magazynowanie podziemne – od pewnego czasu stosowane są już w sektorze wydobywania ropy, gazu oraz przemyśle chemicznym, w sensie czysto technicznym zastosowanie tej technologii nie powinno rodzić jakiś szczególnych przeszkód, a tym bardziej być traktowane w kategoriach przełomu technologicznego.

Jak dotąd najdłuższe doświadczenia związane z oddzielaniem, transportowaniem i magazynowaniem mają firmy wydobywające ropę i gaz, gdzie technologię ta określana jest jako EOR (*enhanced oil recovery*). Na przykład Exxon Mobil na największą na świecie skalę oddziela CO₂, od wydobywanego gazu, a następnie transportuje go do miejsc wydobywania ropy, gdzie CO₂ jest wtłaczany do złóż, które ze względu na ograniczenia obecnej technologii wydobywania nie mogły być już dalej eksploatowane. Wtłaczany do tych złóż CO₂ pozwala bowiem wypchnąć zalegające w nich jeszcze pokaźne zasoby ropy. W USA już w tej chwili technologia EOR uznawana jest, ze względu na dużą skalę jej stosowania – 86 szybów, do których wtłaczany jest CO₂ oraz sieć rurociągów transportujących CO₂ o łącznej długości około 5000 km – za technologię dojrzałą (*mature*) [por. np. Cohen i inni, 2009, s. 31].

Jak się wydaje – najmniejszy problem od strony technicznej przedstawia pierwszy element tej technologii, tj. wychwytywanie CO₂. Największa tego typu instalacja działa już od 1978 r. w jednej z amerykańskich fabryk chemicznych, wykorzystujących wychwytywany ze spalania węgla CO₂ do produkcji węgla sodu niezbędnego jako półprodukt w dalszych procesach produkcyjnych. Instalacja ta pozwala uzyskiwać na dobę 900 ton CO₂, co odpowiada ilości tego gazu emitowanego przez elektrownię węglową o mocy 35MW [Cohen i inni, 2009].

Obecnie znane są trzy podstawowe metody sekwestracji CO₂, które nadają się do zastosowania w elektrowniach węglowych lub gazowych. Każda z nich prezentuje na tyle zbliżone parametry techniczne i ekonomiczne, aby przynajmniej obecnie traktować je jako konkurencyjne. Jedyna istotna różnica dotyczy tylko tego, że tylko jedna z tych trzech metod może być również stosowana, w formie dobudowanej do istniejących już elektrowni węglowej lub gazowej, instalacji separacji CO₂. Tego typu elektrownie określane są jako tzw. *Nowgen*, w przeciwieństwie do elektrowni typu *Futuregen*, które będą budowane wraz z instalacją CSS.

Nie ma również większych problemów z drugim elementem tej technologii, bowiem wszystko wskazuje na to, że można tu będzie korzystać z bogatych już doświadczeń związanych z budową i eksploatacją rurociągów gazowych. Znacznie większe natomiast problemy wiążą się z ostatnim elementem tej technologii, a mianowicie z magazynowaniem CO₂. Dotyczą one zwłaszcza dwóch kwestii. Pierwsza z nich dotyczy miejsca składowania, druga zaś bezpieczeństwa, szczególnie w związku z możliwością nieszczelności miejsc składowania. W pierwszym przypadku rozważa się dwa możliwe rozwiązania. Pierwsze z nich zakłada wtłaczanie CO₂ pod powierzchnię ziemi na głębokość co najmniej 1 km, drugie, znacznie mniej prawdopodobne, składowanie gazu na dnie oceanów. W tym drugim bowiem przypadku głównym źródłem ryzyka jest możliwość zniszczenia życia biologicznego w wodach oceanów.

W przypadku podziemnego magazynowania CO₂ naturalnymi, możliwymi do szybkiego zagospodarowania lokalizacjami są wyeksploatowane szyby naf-

towe oraz gazowe. Oczywiście tego rodzaju rozwiązanie możliwe jest tylko w przypadku krajów, gdzie kończy się eksploatacja złóż gazu i ropy, i co więcej, w krajach tych magazynowanie CO₂ byłoby stosowane razem z metodą EOR, co w sposób znaczący poprawiałoby jego ekonomikę. Typowym przykładem jest tutaj Wielka Brytania, której złoża ropy i gazu na Morzu Północnym znajdują się już w końcowej fazie eksploatacji.

Z natury rzeczy pojemność takich miejsc do składowania CO₂ jest ograniczona. W przypadku brytyjskim ocenia się, że wykorzystanie tej możliwości do składowania wystarczyłoby na 40 lat, zakładając obecną wielkość emisji CO₂ w tym kraju [Reiner, 2008, s. 427–429; Cohen i inni, 2009, s. 31–32; Gibbins, s. 4317–4320]. Znacznie większe możliwości pod tym względem wiążą się z magazynowaniem CO₂ w półprzepuszczalnych warstwach solankowych zlokalizowanych na głębokości 1 km i głębiej. Po zatłoczeniu, CO₂ rozpuszczałby się w zasolonej wodzie, a następnie wypełniałby porowatą skałę bądź ulegał mineralizacji. Ze względu na fakt, że tego rodzaju formacje geologiczne występują bardzo często i ich pojemność jest ogromna – ocenia się, że mogą one pomieścić całą światową emisję CO₂ na okres nawet więcej niż 1000 lat – stąd też to rozwiązanie traktuje się jako docelowe [Cohen i inni, 2009, s. 31].

Należy podkreślić, że poważne badania nad zastosowaniem technologii CCS w skali możliwej do radykalnego ograniczenia emisji CO₂, w tym zwłaszcza kwestii związanych z jego magazynowaniem dopiero się zaczynają. Jedną z nowych możliwości w tym zakresie wiąże się z wykryciem szczególnego typu skał, zlegających poniżej 20 km, które odznaczają się zdolnością do pochłaniania ogromnych ilości CO₂ i których zdolność można wielokrotnie zwiększyć, poprzez działania prowadzące do rozdrobnienia tego rodzaju skał [Eating..., 2008].

W kategoriach praktycznych, kwestia miejsca magazynowania CO₂ jest typowym przypadkiem kwestii, która może być analizowana na konkretnym przykładzie, poprzez szczegółowe badania geologiczne. Muszą one nie tylko odpowiedzieć na pytanie o najbardziej korzystne – w stosunku do miejsc, w których CO₂ będzie oddzielany – lokalizację, ale także określić możliwą pojemność poszczególnych lokalizacji oraz ich właściwości pod względem stopnia, w jakim będzie można zminimalizować ryzyko niekontrolowanego wydobywania się CO₂, a także ryzyko, jakie stąd wynikałoby dla środowiska naturalnego, ludzi i gospodarki.

Kwestia szczelności miejsc składowania należy niewątpliwie do najbardziej kontrowersyjnych, zarówno jeśli chodzi o jej aspekt techniczny, jak i niezmiernie tu ważny – jak pokazują doświadczenia związane z energetyką atomową – wymóg uzyskania społecznego przyzwolenia, zwłaszcza społeczności lokalnych. W kwestii szczelności zwolennicy CCS prezentują daleko idący optymizm zwolenników, oparty w dużym stopniu na doświadczeniach związanych z eksploatacją złóż gazu naturalnego. Zakładają oni bowiem, że zarówno w przypadku metody EOR, jak i magazynowania CO₂ w pokładach solnych, w ciągu 1000 lat

tylko mniej niż 1% gazu zatłoczonego tam gazu wydostałoby się na powierzchnię [Cohen i inni, 2009, s. 31].

Istnieje w tej mierze niewiele dowodów na faktyczną szczelność tego typu składowisk. Znane dotąd badania zdają się potwierdzać optymizm zwolenników, jednak istotną ich słabością jest to, że z oczywistych powodów dotyczą one bardzo krótkiego okresu. W jednym z dwóch znanych przypadków tego rodzaju badania okres ten wynosił 13 lat. Chodzi tutaj o najdłużej wykorzystywany do celów EOR sposób magazynowania CO₂ w szybach z ropą naftową. Podjęte tam w ostatnich latach przez norweską firmę Statoil badania szczelności wykazały, że wbrew wyrażanym przez sceptyków i przeciwników tej technologii obawom, nie ma żadnych dowodów na wydobywanie się CO₂ na powierzchnię [*Trouble in...*, s. 64].

Jednak – jak dowodzą krytycy tej metody – kwestię szczelności należy rozpatrywać w dwóch aspektach. Po pierwsze, chodzi o możliwość stosunkowo niewielkiej nieszczelności, która, w długim okresie wystarczy, aby w dużym stopniu zniweczyć, zakładany przez orędowników tej technologii, efekt w zakresie radykalnego ograniczenia emisji. I tak wystarczy, żeby roczne tempo uwalniania się CO₂ z miejsc jego składowania wynosiło zaledwie 1%, aby po 100 latach aż 67% zmagazynowanego gazu ulotniło się do atmosfery [*Trouble in...*, s. 65].

Drugi aspekt wiąże się z istnieniem ryzyka gwałtownego – na skutek np. trzęsienia ziemi – wydobycia się na powierzchnię ziemi dużej ilości zmagazynowanego CO₂. Skutki takiej gwałtownej erupcji tego gazu byłyby katastrofalne, nie tylko ze względu na jego trujące właściwości, ale także fakt, że po przekroczeniu określonego poziomu zawartości CO₂ w powietrzu, mogłoby to powodować w ciągu od 30 do 60 min. masowe zgony na skutek uduszenia. Środowiska, związane zwłaszcza z Greenpeace, podkreślają w związku z tym, że ze względu na właściwości CO₂ (jest on cięższy od powietrza) część gwałtownie uwolnionego gazu mogłaby nie ulec rozproszeniu, ale osiąść w naturalnych zagłębieniach na powierzchni ziemi lub zalec w budynkach, w których przebywają ludzie.

Co więcej, tego rodzaju zagrożenia dla znacznej liczby ludzi istnieją nawet przy znacznie wolniejszym tempie uwalniania się tego gazu [*Energy Technologies...*, s. 70]. Przeciwnicy powołują się tutaj na tragiczne w skutkach uwolnienie się dużej ilości CO₂, spowodowane erupcją wulkanu. Wypadek ten zdarzył się w 1986 r. w Kamerunie pociągając za sobą śmierć ponad 1700 osób. Inny przypadek to spowodowana nagłym wzrostem zawartości CO₂ w powietrzu śmierć 10 osób w jednej z miejscowości włoskich. Oprócz tych tragicznych przypadków, przeciwnicy tej metody wskazują również na wiele przypadków nieszczelności magazynów gazu ziemnego, które pociągały za sobą konieczność ewakuacji ludzi.

PERCEPCJA I STOPIEŃ SPOŁECZNEGO PRZYZWOLENIA

Rzecz jasna, że nagłośnianie możliwości wystąpienia tego rodzaju niebezpieczeństw będzie towarzyszyło każdej rozważanej lokalizacji składowania CO₂. Stąd też niezwykle ważnym elementem przygotowań do wdrożenia tej technologii będzie uzyskanie społecznej akceptacji dla jej stosowania. Przeprowadzono już w tej mierze wiele badań i analiz dotyczących zarówno poziomu wiedzy o tej technologii w różnych krajach, jak również stopnia akceptacji dla jej stosowania. Wszystkie te badania wskazują, że po pierwsze, nadal społeczna percepcja tej technologii jest na raczej niskim, a w wielu krajach na bardzo niskim poziomie oraz po drugie, nawet jeśli poszczególni respondenci słyszeli już o tej technologii, to nie zawsze potrafili prawidłowo określić, jaki jest cel jej stosowania [Reiner i inni, 2006, s. 2].

W przeprowadzonych ostatnio w jednym z regionów Szwecji badaniach opinii publicznej na temat polityki energetycznej, w związku jej implikacjami w zakresie zmian klimatu oraz stopnia znajomości technologii CCS w porównaniu z innymi technologiami zorientowanymi na emisji szkodliwych dla klimatu okazało się, że o technologii tej słyszało lub czytało 15% respondentów, co jest znacząco mniej w stosunku do wiedzy o innych technologiach pozyskiwania energii, takich jak wykorzystanie reakcji jądrowej (89%), słońca (72%), wiatru (83%), czy biomasy (55%). Na kolejne pytanie, czy technologia CCS sprzyja obniżeniu redukcji CO₂, 58% respondentów, wśród których byli również i ci, którzy przyznali, że o terminie tym słyszeli, odpowiedziało prawidłowo, zaś 30% technologię tę kojarzyło z ograniczaniem kwaśnych deszczów, smogu czy zanieczyszczenia wody [*Public and...*, 2007, s. 28–29].

Kiedy wyniki te odniesiono do analogicznych badań przeprowadzonych w wybranych regionach Japonii, Wielkiej Brytanii i USA, to okazało się, że w porównaniu ze Szwecją stopień percepcji tej technologii jest wyższy w Japonii, zaś znacznie niższy w Wielkiej Brytanii i USA. I tak w odniesieniu do pierwszego pytania, prawidłowej odpowiedzi udzieliło odpowiednio 22%, 4% i 5% respondentów. Z kolei na drugie pytanie prawidłowej odpowiedzi w tych trzech krajach udzieliło odpowiednio 82%, 42% i 23% respondentów [*An international...*, 2007, s. 4].

W kontekście tych badań opinii publicznej warto jednak odnotować raczej wolny – jak dotąd – wzrost stopnia znajomości tej technologii, przynajmniej w USA. Z badań tych wynikało bowiem, że w 2003 r. już około 3% respondentów zetknęło się z terminem CCS, ale tylko nieliczne osoby (6 respondentów na 1205 objętych badaniem, czyli mniej około 0,5%) potrafiło w sposób prawidłowy określić znaczenie tego terminu [Curry i inni, 2004, s. 3 i 6].

Wyraźnie lepsze rezultaty odnotowano w Australii, gdzie „tylko” 70% respondentów nie potrafiło określić, czym jest CCS [Reiner, 2006, s. 2]. W Kana-

dzie, gdzie również stwierdzono niski – choć, jak podkreślono, wyższy niż w USA – stopień znajomości tej technologii, odnotowano ponadto, że wśród tych, którzy słyszeli o tej technologii, większość uważała, że w zakresie redukcji emisji CO₂, ma ona przewagę nad innymi, alternatywnymi sposobami, choć jednocześnie uznawano, że zagrożenia związane z jej stosowaniem przeważają nad korzyściami. Do głównych zagrożeń zaliczono tam nie tylko zidentyfikowane ryzyka związane z możliwością zatrucia podziemnych wód czy wystąpienia nieszczelności, ale także inne, dotąd jeszcze nieznanne, negatywne skutki związane z magazynowaniem CO₂, które wystąpić mogą w przyszłości [Sharp, 2005, s. V].

Ciekawe wyniki dotyczące poparcia dla tej technologii dostarczają badania przeprowadzone w Holandii na 112-osobowej próbie mieszkańców. Przeprowadzono je bowiem na terenie, na którym znajdują się eksploatowane od dawna złoża gazu naturalnego, i na którym w ostatnim okresie zanotowano dwa niewielkie trzęsienia ziemi [Reiner, 2006, s. 2]. Badanie to wykazało, że co prawda niewielka większość respondentów wykazała poparcie dla CCS, ale poparcie to spadło znacząco w przypadku, gdyby miejsce podziemnego składowania CO₂ znajdowało się w pobliżu ich miejsca zamieszkania. Podobną sugestią sformułowano również w cytowanych już badaniach w USA. Według badaczy wraz z intensyfikacją dyskusji wokół CCS rosnać będzie stopień społecznej percepcji i można założyć, że z jednej strony poparcie dla tej technologii będzie rosnąć, z drugiej zaś strony wystąpi efekt typu „tylko nie pod moim podwórkiem” (*not-under-my-backyard*).

Większość badań wskazuje, że nawet jeśli występuje pewne poparcie dla tej technologii, to jest ono zdecydowanie słabsze niż dla energetyki odnawialnej opartej na takich źródłach, jak wiatr, czy energia słoneczna oraz działań na rzecz efektywności energetycznej. Z drugiej jednak strony – co warto odnotować – w wielu badaniach technologia CCS zyskiwała wyraźnie większe poparcie w stosunku do energetyki atomowej.

Jeśli więc technologia ta ma odegrać w najbliższej przyszłości wiodącą rolę w działaniach na rzecz stworzenia elektroenergetyki niskoemisyjnej, przed odpowiednimi agendami rządowymi jak i organizacjami pozarządowymi rysują się poważne zadania w zakresie prowadzenia przemyślanej kampanii informacyjnej. W wielu krajach takie działania już się podejmuje. Niewątpliwie liderem jest tu Wielka Brytania, gdzie istnieją już w tym zakresie projekty odpowiednich działań obliczonych na pozyskanie przychylności opinii publicznej. Określa się w nich [por. np. *Public Perception of...*] podstawowe źródła obaw związanych z tą technologią oraz rodzaj działań, jakie – nie tylko w zakresie komunikacji społecznej – powinny być podjęte, aby zminimalizować opór opinii społecznej wobec tego rodzaju inwestycji. Wreszcie ogromną rolę w tym zakresie odegra stopień powodzenia pierwszych projektów [Reiner i inni, 2008, s. 430]. Ich powodzenie będzie niewątpliwie ułatwiać prowadzenie skutecznej kampanii na rzecz kształtowania pozytywnego wizerunku CCS.

EKONOMICZNA OPŁACALNOŚĆ

Kwestie ekonomiki tej technologii rozpatrywać można na dwóch płaszczyznach. Przykładem pierwszej jest rozumowanie reprezentowane przez środowiska aktywnie zaangażowane w działania na rzecz zahamowania emisji CO₂. W tej płaszczyźnie przesądającym argumentem za stosowaniem wszelkich dostępnych w tym zakresie rozwiązań, w tym również i CCS, jest konfrontacja całkowitych, rocznych kosztów będących rezultatem braku działań na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatu z kosztami, jakie należałoby ponieść w celu radykalnego obniżenia, w skali całego globu, emisji CO₂. W tym pierwszym przypadku koszty te szacuje się na poziomie 5% PKB, przy czym ich udział może znacząco wzrosnąć do 20% (czy nawet więcej), jeśli uwzględnić szersze spectrum ryzyk i skutków wywołanych zmianami klimatu. W przypadku natomiast drugiej kategorii kosztów, to kształtowałyby się one na poziomie około 1% PKB. Według tego Raportu ten poważny, jeśli chodzi o skutki zmian klimatu, wydźwięk tych liczb staje się bardziej dramatyczny, jeśli uwzględnić, że przekroczenie pewnego poziomu degradacji zasobów środowiska oznaczać będzie – o czy wspomniano już wcześniej – nieodwracalne, negatywne zmiany, których konsekwencje trudne są do oszacowania [Stern, 2007, s. 3].

Druga płaszczyzna analizy ekonomiki stosowania tej technologii ma charakter mikroekonomiczny, to jest rozważa się tu koszty stosowania tej technologii z punktu widzenia opłacalności jej stosowania, co dla podmiotu kierującego się przesłankami komercyjnymi, ma znaczenie zasadnicze. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że elektroenergetyka w krajach rozwiniętych już od blisko dwóch dekad znajduje się w procesie rynkowej transformacji, nie ulega wątpliwości, że z punktu widzenia pytania, czy technologia ta znajdzie w najbliższych latach szersze zastosowanie, tego rodzaju płaszczyzna analizy ma kluczowe znaczenie. Z braku miejsca problemy związane z ekonomiką tej technologii zostaną tu tylko zasygnalizowane.

O tym, że ważną dzisiaj barierą dla tej technologii są koszty związane z jej stosowaniem świadczy fakt, że w 2008 r. rząd amerykański wycofał się ze współfinansowania pierwszego, realizowanego tam projektu budowy elektrowni z instalacją CCS po tym, jak koszty jej budowy wzrosły do 1,8 mld dolarów [Trouble in... s. 65]. Z przeprowadzonych już dotąd wielu analiz wynika bardzo zróżnicowany obraz kosztów budowy i eksploatacji instalacji CCS zarówno w przypadku elektrowni węglowych, jak i gazowych [Reiner, 2008, s. 423]. Przedział możliwego wzrostu kosztów wytworzenia 1 kWh wahałby się bowiem – przy obecnym poziomie tej technologii – w przedziale od 1 do 5 centów amerykańskich. Ogromny wpływ na poziom tych kosztów mieć będą takie czynniki, jak rodzaj paliwa

(węgiel, gaz), zastosowany rodzaj technologii separacji, odległość miejsc składowania CO₂ i wreszcie warunków jego składowania. Niewątpliwie czynnikiem podnoszącym opłacalności stosowania tej technologii będzie stosowanie jej w wersji EOR, co mogłoby znacząco obniżyć rozmiar wzrostu kosztów jednostkowych.

Nie ulega wątpliwości, że nawet uwzględniając założenie – które czyni się zresztą we wszystkich, znanych szacunkach kosztów stosowania technologii CCS – że wraz z jej upowszechnieniem ulegną znacznemu obniżeniu koszty wychwytywania i składowania CO₂, opłacalność stosowania tej technologii wymagać będzie istnienia mechanizmu, który kompensować będzie te koszty. Pozostawiając na boku, niezmiernie ważne dla tworzenia warunków opłacalności stosowania tej technologii, zagadnienie kształtu tego mechanizmu – czy będzie to podatek węglowy, czy kształtowana przez rynek opłata za emisję 1 tony CO₂, czy też inne rozwiązanie – warto już teraz odnotować, że szacowany poziom tego rodzaju kosztów waha się w szerokim przedziale. Jeśli chodzi o poziom tych kosztów w pierwszej fazie wprowadzania tej technologii (projekty demonstracyjne), to według niektórych szacunków będą się one kształtować w przedziale od 60 do 90 euro za tonę, zaś w około 2030 r. spadną do poziomu 30–45 euro [*Carbon &...*, 2008, s. 6].

Jeśli szacunki te odniesiemy do poziomu opłat za prawo emisji CO₂ ustalanych na europejskim rynku tych praw, to mimo dużej zmienności tych opłat – w 2008 r. spadły one nawet do poziomu 10 euro za tonę – nawet najwyższy ich poziom kształtował się znacznie poniżej kosztów separacji i magazynowania CO₂ w projektach demonstracyjnych. Oznacza to, że w obecnych warunkach zastosowanie tej technologii wymaga wsparcia w postaci publicznych środków finansowych.

UWAGI KOŃCOWE

Nasilający się nacisk na podejmowanie, motywowanych dążeniem do zahamowania procesu ocieplania klimatu, działań na rzecz radykalnego zmniejszenia emisji CO₂ wymuszać będzie zasadnicze zmiany w sposobie wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej. Mimo apeli środowisk proekologicznych, aby zmiany te szły w kierunku zastąpienia – dotąd dominującej elektroenergetyki opartej na węglu, a w ostatnich latach w coraz większym stopniu na gazie – technologiami wykorzystującymi odnawialne źródła energii oraz przynoszącymi wzrost efektywności energetycznej, wśród ekspertów i analityków przeważa pogląd, że spełnienie, niezbędnych do zatrzymania zmian klimatycznych, wymagań w zakresie redukcji emisji przy jednoczesnym zapewnieniu niezbędnego poziomu produkcji energii elektrycznej nie będzie możliwe bez udziału zwłaszcza energetyki węglowej. Implikuje to konieczność rozwoju

technologii czystego węgla, wśród których technologia CCS postrzegana jest jako priorytetowa.

Jej zastosowanie natrafia jednak na istotne bariery tak o charakterze technicznym i społecznym, jak i ekonomicznym. Z uwagi na fakt, że elektroenergetyka znajduje się już od dwóch dekad w procesie transformacji rynkowej, szczególnie istotne wydają się tutaj bariery ekonomiczne związane z niekonkurencyjnością kosztową tej technologii w stosunku do innych sposobów wytwarzania energii elektrycznej. Pojawia się tutaj istotny problem, wokół którego z coraz większą intensywnością będą toczyć się dyskusje zarówno w płaszczyźnie teoretycznej, jak i praktycznej.

Chodzi tutaj o wybór mechanizmu wsparcia dla rozwoju technologii CCS, które spełniałoby nie tylko kryterium skuteczności, ale także kryterium efektywności ekonomicznej. Istnieją już w tej dziedzinie pierwsze doświadczenia, ale i także formułowane są istotne argumenty wskazujące na zalety i słabości poszczególnych rozwiązań, zwłaszcza w związku z pytaniem, w jaki sposób wkomponować tego rodzaju mechanizm w reguły funkcjonowania zliberalizowanej elektroenergetyki.

Z pewnością kwestie te będą w najbliższych latach w centrum uwagi zarówno tych, którzy na procesy przekształceń elektroenergetyki patrzą z szerszej perspektywy tradycyjnego w ekonomii pytania o relacje między mechanizmami interwencjonizmu a siłami rynkowymi, jak również tych, którzy poszukują takich rozwiązań, które stworzą warunki do przyciągania kapitałów niezbędnych do sfinansowania kosztownych inwestycji w wychwytywanie, transportowanie i magazynowanie CO₂.

LITERATURA

- Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics*, 2008, McKinsey & Company, September.
- Cohen A., Fowler M., Waltzer K., 2009, "NowGen": *Getting Real about Coal Carbon Capture and Sequestration*, "The Electricity Journal", Issue 4, May.
- Commission Communication of 10 January 2007 "*Sustainable power generation from fossil fuels: aiming for near-zero emissions from coal after 2020*", 2006, Com, 843. materiał dostępny w internecie.
- Curry, T., Reiner D., Ansolabehere S., Herzog H., 2004, *How Aware Is the Public of carbon Capture and Storage*, opracowanie dostępne w Internecie.
- Eating Carbon*, 2008, "The Economist", November 15, s. 87–88.
- Energy Technologies, 2006, *Global Energy Revolution. A Sustainable World Energy Outlook*.
- Gibbins J., Chalmers H., 2008, *Carbon Capture and Storage*, "Energy Policy", no 36.

- IEA, 2006, *World Energy Outlook*, International Energy Agency, Paris.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005, *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*, Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change – Contribution to Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaworski Z., 2008, *Idzie zimno*, „Polityka”, nr. 15.
- Public and stakeholder attitudes towards energy, environment and CCS, 2007, AGS Pathways report: E2, Göteborg.
- Public Perception of Carbon Dioxide Capture and Storage: *Prioritised Assessment of Issues and Concerns, Summary for Policy-Makers*, Commissioned by: International Energy Agency, Working Party on Fossil Fuels, Funded by: UK Department of Trade and Industry.
- Proposed EU Energy Policy Targets and Objectives, 2007, EC Directorate-General for Energy and Transport, Brussels, January.
- Reiner D., Gibbins J., Holloway S., 2008, *Bridging technologies: can carbon capture and storage offer a bridge to a sustainable energy future in the UK?*, (2008) [w:] Grubb M., Jamasb T., Pollitt M.G. (eds), *Delivering a Low-Carbon Electricity System „Technologies, Economics and Policy”*, Cambridge University Press.
- Reiner D., Curry, T., Figueiredo M., Herzog H., Ansolabehere S., Kenshi, I., Akai, Johnsson F., Odenberger M., 2006, *An international comparison of public attitudes towards carbon capture and storage technologies*, opracowanie dostępne w Internecie.
- Sharp J., 2005, *Public Attitudes toward Geological Disposal of Carbon Dioxide in Canada*, Simon Fraser University, Report no. 38, Fall.
- Schiffer H-W., 2008, WEC Energy Policy Scenarios to 2050, “Energy Policy”, no. 36.
- Sioshansi F., 2009, *Carbon Constrained: The Future of Electricity Generation*, „The Electricity Journal”, Issue 5, June.
- Stern N., 2007, *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press.

Streszczenie

Przedmiot artykułu dotyczy tzw. technologii CCS, czyli technologii wychwytywania i magazynowania CO₂, która uważana jest za jeden z czterech głównych kierunków rozwoju niskoemisyjnej energetyki. W artykule podkreślono, iż technologia ta jest szczególnie istotna dla polskiej energetyki z uwagi na fakt, że w stopniu niespotykanym na świecie opiera się na węglu kamiennym i brunatnym. Jego celem jest wskazanie na podstawowe problemy, których rozwiązanie determinować będzie tempo jej wdrażania do sektora wytwarzania energii elektrycznej. Problemy te dotyczą zagadnień technicznych, w tym zwłaszcza związanych z magazynowaniem CO₂, społecznych, z których najważniejszym jest uzyskanie społecznej akceptacji do jej stosowania i wreszcie ekonomicznych, w tym przede wszystkim kwestii jej opłacalności, w związku z bardzo wysokimi kosztami wychwytywania i magazynowania CO₂. W uwagach końcowych zwrócono uwagę na centralny problem, jaki w związku z obecnym brakiem opłacalności tej technologii się wyłania, a który dotyczy kształtu mechanizmów wspierających jej rozwój na warunkach komercyjnych.

CCS Deployment in the Power Sector: Review of Problems*Summary*

The subject of this paper refers to CCS (Carbon Capture and Storage) that is considered to be one of the four key directions of the development of low carbon power sector. The paper stresses the crucial role of CCS technology in the Polish power sector which is predominantly based on hard coal and lignite – 95% of electricity is produced from both fuels. Its goal is to set out the key problems determining the pace of its deployment in the power sector. They refer to technical issues, especially related to CO₂ storage, social problems, with a key question about acceptability of this technology, and economic barriers resulting from very high costs of its deployment in the power sector. In concluding remarks, profitability of CCS technology is identified as a key problem that can be solved through establishing mechanisms of support for its deployment.