

Anna MARZEC*

Globalne wyzwanie – jak chronić klimat i zapewnić bezpieczeństwo energetyczne?

STRESZCZENIE. Niniejsza publikacja została oparta na trzech źródłach: analizie warunków umożliwiających stabilizację koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze autorstwa Chris Greena i in.; Streszczeniu Czwartego Raportu IPCC opublikowanego w lutym 2007 r.; Wspólnym Oświadczeniu trzynastu Akademii Nauk opublikowanym w maju 2007. Najbardziej optymistyczna prognoza, spośród opracowanych przez IPCC wariantów prognostycznych, przewiduje stabilizację stężenia CO₂ z końcem XXI wieku, na poziomie około 550–600 ppm. Spowoduje to wzrost średniej globalnej temperatury o około 2°C, co stanowi wielce znaczący wzrost w porównaniu z dotychczasowym, wynoszącym 0,8°C. Zahamowanie emisji na poziomie, określonym we wspomnianej prognozie, wymaga spełnienia istotnych warunków. Do nich należy, nie tylko, bardzo intensywne inwestowanie w badania i rozwój produkcji energii z surowców odnawialnych, ale także, konieczność uzależnienia wzrostu PKB gospodarki korzystającej w dalszym ciągu – chociaż w ograniczonym zakresie – z surowców kopalnych, od wzrostu produkcji energii odnawialnej. Na drodze jej rozwoju istnieją trudne do pokonania bariery, także technologiczne. W celu zmniejszenia niezbędnej do stabilizacji ilości energii odnawialnej, za priorytetowe uznano działania na rzecz podniesienia sprawności produkcji i użytkowania energii oraz czyste technologie węglowe tzn. skojarzone z wydzieleniem i depozycją CO₂.

SŁOWA KLUCZOWE: ochrona klimatu, emisja CO₂, czynniki ekonomiczne; energia niskoemisyjna, energia odnawialna, ograniczenia rozwoju, priorytety

* Prof. dr hab. inż. — były pracownik Zakładu Karbochemii PAN, Gliwice.
e-mail: marzeca@neostrada.pl; www.amarzec.republika.pl

Recenzent: prof. dr hab. inż. Roman NEY

Wprowadzenie

Zmiany klimatyczne są spowodowane wzrostem koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze, który przede wszystkim jest rezultatem działalności ludzkiej [1]. Ten pogląd potwierdza wspólne oświadczenie trzynastu Akademii Nauk (Brazylia, Francja, Włochy, Rosja, USA, Kanada, Niemcy, Japonia, Płd. Afryka, Chiny, Indie, Meksyk, Wlk. Brytania), opublikowane 16 maja 2007 [2]. Najbardziej optymistyczny wariant spośród prognoz, opracowanych przez Międzyrządowy Panel d.s Zmian Klimatu – IPCC [1] przewiduje, iż do 2100 roku zawartość gazów cieplarnianych w atmosferze wzrośnie do około 550–600 ppm, zatem będzie ponad dwukrotnie wyższa od poziomu w okresie przedindustrialnym (tzn. przed 1750 r.). Spowoduje to wzrost średniej temperatury na Ziemi o 2°C, a na powierzchni lądów o około 3–4°C w porównaniu z ich temperaturą w okresie 1980–2000. A zatem nawet ten „najbardziej optymistyczny” wariant nie napawa optymizmem.

Zespół autorów z dwu kanadyjskich uniwersytetów przeprowadził analizę [3], której celem jest określenie warunków, jakie muszą być spełnione, aby można było zapobiec ociepleniu klimatu w stopniu wyższym od przewidywanego we wspomnianym wariantcie prognozy IPCC.

1. Obecna emisja dwutlenku węgla

Sumaryczna światowa emisja dwutlenku węgla w wyniku spalania paliw kopalnych jest gigantyczna; wyniosła ona [3, 4] od 25 gigaton w 2000 r do 27 gigaton w 2005 roku (1 gigatona to 1 miliard ton) [4].

Na czele głównych „producentów” dwutlenku węgla znajdują się (dane dla 2000 r):

- ✧ USA – 21% światowej emisji,
- ✧ Chiny – 15%,
- ✧ EU25 – 14%,
- ✧ Rosja – 6%,
- ✧ Indie – 6%,
- ✧ Japonia – 4%,
- ✧ Niemcy – 3%.

Niemal każdy z pozostałych krajów emituje mniej niż 2% globalnej emisji. Oczywiście jest, że największa odpowiedzialność za przyszłość obciąża przede wszystkim USA, Chiny i Unię Europejską, które w sumie emitują 50% światowej emisji gazów cieplarnianych.

2. Czynniki ekonomiczne determinujące emisję oraz jej wzrost

Do nich należy przede wszystkim produkt krajowy brutto (PKB, ang. GDP). PKB stanowi sumaryczną wartość dóbr i usług, wytworzonych na terenie danego kraju w ciągu roku. Ale to wytwarzanie dóbr, a także usług, wymaga zużycia energii. Jak dotąd, energia ta pochodzi w przeważającej mierze z paliw kopalnych (węgiel, ropa, gaz ziemny). Nic więc dziwnego, że wzrost PKB, uchodzący za miernik rozwoju gospodarczego, wiąże się ze wzrostem emisji dwutlenku węgla.

Drugim czynnikiem jest energochłonność (ang. *energy intensity*) produktu krajowego, która jest mierzona w jednostkach energii zużywanej na wyprodukowanie jednostki PKB. Należy brać pod uwagę, że ten parametr pozostaje także pod wpływem warunków klimatycznych, w związku z tym, jest on z reguły wyższy dla krajów o zimnym klimacie (zużywa się tam większe ilości energii choćby na ogrzewanie budynków). Parametr dobrze służy natomiast, do oceny gospodarki danego kraju; spadek jego wartości z upływem lat dowodzi wzrostu sprawności energetycznej gospodarki.

Nawet bardzo powolny wzrost PKB przy nie zmniejszającej się energochłonności, prowadzić będzie do wzrostu emisji CO₂, jeśli dominującymi surowcami energetycznymi będą jak dotąd – ropa, węgiel i gaz ziemny. Bez znaczącego udziału tzw. odnawialnych surowców energetycznych w wytwarzaniu PKB, nie może w ogóle być mowy o jakiegokolwiek stabilizacji emisji.

3. Zależność pomiędzy PKB i energochłonnością a wzrostem produkcji energii z surowców odnawialnych

Autorzy (z McGill University i University of Winnipeg), przeprowadzili studia nad zależnością pomiędzy wzrostem PKB i energochłonnością światowej gospodarki a niezbędnym udziałem odnawialnych surowców energetycznych w globalnej produkcji energii, udziałem, który mógłby zapewnić na koniec XXI w. stabilizację emisji gazów cieplarnianych na poziomie 550–600 ppm. W modelu przez nich rozpatrywanym tkwi założenie, iż roczna produkcja energii z paliw kopalnych, nie przekroczy poziomu z roku 2000 lub też może być wyższa w pierwszej połowie XXI w., ale za to – dużo niższa w drugiej połowie [3].

Poniżej podano przykłady tych zależności dla wartości rocznego wzrostu PKB (charakteryzującego globalną gospodarkę w niektórych latach ostatniego okresu) i spadku energochłonności (EI).

TABELA 1. Związek pomiędzy wzrostem PKB i intensywnością energetyczną gospodarki a produkcją energii odnawialnej, niezbędną do zapewnienia stabilizacji emisji GHG na poziomie 550–600 ppm [3]

TABLE 1. Relationship between economic growth GDP, energy intensity EI and carbon-free energy in 2100 required to stabilize GHG emission at 550–600 ppm level [3]

Roczny wzrost PKB w okresie 2000–2100 [%]	Roczny spadek IE w okresie 2000–2100 [%]	Minimalna produkcja energii odnawialnej w 2100 r. [EJ]
2,0	–0,9	840
2,0	–1,2	530
2,5	–0,9	1 585
2,5	–1,2	1 075
	Zakres:	od ~530 do ~1 585

EJ = 10¹⁸ Joule

Dane tabeli 1 wskazują, że produkcja energii z surowców odnawialnych musi sukcesywnie wzrastać w XXI wieku tak, aby w 2100 roku osiągnąć poziom dziesięciokrotnie, a może i dwudziestosześcioletnie wyższy od poziomu produkcji energii odnawialnej w 2000 roku, w którym wynosiła zaledwie 60 EJ.

Warto także porównać to zapotrzebowanie na czystą energię w 2100 roku (530 do 1585 EJ) z sumaryczną globalną produkcją energii ze wszystkich surowców w roku 2000 – wynosiła ona 410 EJ/rok. Jest to wyraźnie mniej niż trzeba będzie produkować pod koniec XXI wieku wyłącznie z surowców odnawialnych.

Z analiz wspomnianych autorów wynika także jednoznacznie, że wysoki wzrost PKB przestaje być korzystnym zjawiskiem z punktu widzenia naczelnej potrzeby ochrony klimatu. Wzrost PKB winien być podporządkowany zdolności gospodarki do obniżania energochłonności oraz uzależniony od wzrostu produkcji energii z odnawialnych surowców. W tej sytuacji, z obawą należy patrzeć na szybkie tempo corocznego wzrostu PKB w Chinach [4]. Tu PKB w okresie 2000–2004 rosło co roku o 8 do 10%. Skutek: PKB w 2004 stanowiło 143% wartości PKB w 2000 r.

Podobna sytuacja występuje w Wietnamie [4]; tu PKB wzrastało w latach 2000–2004 corocznie o 7 do 8%. A jeśli zjawisko gwałtownego wzrostu gospodarczego wystąpi także w innych krajach rozwijających się? Czy można mieć nadzieję, że gwałtownemu wzrostowi PKB, będzie towarzyszył równie intensywny spadek energochłonności lub wzrost produkcji energii z surowców odnawialnych?

4. Możliwości szybkiego wzrostu produkcji energii z surowców odnawialnych

Do tej grupy należą hydroelektrownie, energia słoneczna, wiatrowa, energia pochodząca z biomasy i niewielkie ilości energii geotermalnej (ograniczone zasoby, z wyjątkiem Islandii). Zaliczono tu także energię nuklearną opartą o rozszczepienie uranu, tylko z uwagi na to, iż nie powoduje dużej emisji gazów cieplarnianych.

Istnieje możliwość otrzymywania energii z wszystkich tych źródeł za pomocą znanych technologii i dlatego są rozpatrywane jako te, które kwalifikują się do szybkiego zastosowania. Nie oznacza to jednak, że ta grupa może dostarczyć dowolnie dużej ilości energii.

Do wymienionej grupy nie zaliczono depozycji dwutlenku węgla (wydzielanego z gazów spalinowych) w podziemnych złożach, ani szeregu nowatorskich sposobów otrzymywania energii, stanowiących obecnie przedmiot badań o niedającej się wyraźnie określić, perspektywie wdrożenia w skali przemysłowej. Nie zaliczono tu także energii jądrowej otrzymywanej na drodze fuzji jądrowej z uwagi na odległą perspektywę wdrożenia w skali przemysłowej.

5. Ile energii mogą dostarczyć hydroelektrownie i siłownie jądrowe?

Wzrost produkcji w hydroelektrowniach jest ograniczony liczbą miejsc, w których mogłyby one działać. Specjaliści z tej dziedziny zakładają, iż do 2100 r. energia z hydroelektrowni może być co najwyżej podwojona i wynieść około 32 EJ. Byłoby to zatem od 6 do 2% tej ilości odnawialnej energii, która jest potrzebna do stabilizacji emisji gazów cieplarnianych (tabela 1: od 530 EJ do 1585 EJ) [3].

Ekspansja produkcji energii nuklearnej za pośrednictwem znanych technologii (rozszczepienie uranu – „*open cycle*”), jest limitowana zasobami uranu. Potwierdzone zasoby rudy uranowej wynoszą 3 do 4 milionów ton. Obecne roczne zużycie to 306 tysięcy ton, stąd wniosek, że zasoby ulegną wyczerpaniu po około 10 latach (na świecie działa 440 siłowni jądrowych, a ponadto 70 dalszych jest w budowie). Optymistycznie jednak założono, że zasoby mogą okazać się znacznie wyższe (około 30 milionów ton, według opracowania Massachusetts Institute of Technology [5]). Nawet w takim wariantcie, roczna produkcja uranowej energii nuklearnej w XXI w. nie mogłaby wzrosnąć w znaczący sposób [5, 6]. Dlatego też docelowy potencjał produkcji energii jądrowej na świecie na koniec XXI wieku, określono na około 38 EJ/rok [3], co stanowiłoby od 8% do 2% tej ilości „czystej” energii, która jest potrzebna do stabilizacji emisji gazów cieplarnianych.

W tych rozważaniach nie można pomijać barier, które utrudnią wzrost produkcji energii nuklearnej. Są to opory społeczne wynikające z braku pewności bezpiecznego działania reaktorów nuklearnych (po 1986 roku doszło do 22 groźnych awarii [7]) oraz zagrożenia terrorystycznymi atakami.

W tej sytuacji pojawia się pytanie, czy pozostałe surowce odnawialne – słońce, wiatr i biomasa mogą być głównym źródłem takich ilości czystej energii, która jest niezbędna dla osiągnięcia stabilizacji koncentracji CO₂ w atmosferze.

6. Duży wzrost produkcji energii z biomasy, Słońca i wiatru?

Energia Słońca i wiatrów może być pozyskiwana tylko w sposób nieregularny. Potrzebny jest tu przełom technologiczny, umożliwiający magazynowanie produkowanej energii, co stworzyłoby możliwość jej systematycznych dostaw do sieci elektrycznej. Ta zdolność magazynowania energii musi być duża – rzędu konsumpcji w okresie kilku miesięcy – aby można było skutecznie wyrównać dostawy energii w okresie obfitej produkcji (silne letnie nasłonecznienie; wietrzne pory roku) i mało intensywnej produkcji w innych okresach. Są tu potrzebne nowe technologiczne rozwiązania takie jak [3]:

- ✧ magazynowanie energii w postaci wodoru (produkowanego na drodze elektrolizy wody) lub sprężonego powietrza, wytwarzanych bezpośrednio na farmach słonecznych czy wiatrowych,
- ✧ zastosowanie wodoru do magazynowania energii charakteryzują dwie wady; wymaga to bowiem dużych ilości czystej wody (80 milionów m³ na wytworzenie wodoru zawierającego jeden EJ energii – taka ilość wody zaspokaja potrzeby miasta, zamieszkałego przez 500 000 ludzi) oraz dużej ilości energii zużywanej w procesie elektrolizy wody,
- ✧ zastosowanie całkowicie nowych rozwiązań w zakresie przesyłu energii elektrycznej („*smart grids*”).

Produkcja energii z biomasy także nie jest pozbawiona wad. Uprawa biomasy wymaga nakładu energii (m.in., orka, sianie lub zasadzenia, zbiór, suszenie oraz transport i ewentualne przetwarzanie na etanol lub olej napędowy). W literaturze fachowej nie brak opinii, iż zużycie energii na produkcję ciekłych paliw z biomasy przewyższa energię zawartą w wyprodukowanym etanolu lub oleju napędowym. Ponadto trzeba brać pod uwagę, że może dojść np., w gospodarce leśnej do rabunkowej gospodarki, która nie będzie miała nic wspólnego z ochroną lasów.

Osiągnięcie odpowiedniego poziomu produkcji energii słonecznej, wiatru i energii z biomasy napotka ponadto na podobną wspólną barierę w postaci zapotrzebowania na duże obszary, na których można by zainstalować odpowiednie urządzenia lub uprawiać biomasę [3].

Niezbędny wzrost poboru energii słonecznej wymagałby powierzchni około czterystu tysięcy km² (czyli więcej niż wynosi powierzchnia Polski), pobór energii wiatru – około 1 miliona km² (powierzchnia Egiptu). Najwięcej, bo około 8 milionów km² pochłonęłaby uprawa biomasy (powierzchnia Australii). To ogromne zapotrzebowanie na powierzchnię

jej uprawy budzi obawy, czy rzeczywiście duży udział energii z biomasy jest realny. Bowiem biomasa ma konkurencję w postaci potrzeby zapewnienia powierzchni dla produkcji rolnej i hodowlanej dla wciąż rosnącego zaludnienia globu. Z kolei jej ewentualna uprawa na pustynnych obszarach wymagałaby bardzo znacznych ilości wody, której tam nie ma.

Ostateczna ocena wysokości produkcji energii z tych wszystkich trzech źródeł, pod koniec XXI w. wynosi 330 do 500 EJ/rok. A zatem, jedynie w przypadku:

- ✧ ograniczonego wzrostu PKB do wartości niższych od 2% na rok,
- ✧ corocznego spadku energochłonności (wynikającej z zastosowania paliw kopalnych), wynoszącego co najmniej – 1,2%/rok,
- ✧ oraz pokonania wspomnianych barier wzrostu produkcji energii słonecznej, wiatru i z biomasy

bezemisyjna produkcja energii mogłaby zapewnić stabilizację koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze na poziomie 550–600 ppm. W innych przypadkach ta czysta energia może pokryć zaledwie 22 do 70% zapotrzebowania, niezbędnego do stabilizacji emisji CO₂.

Wnioski

1. Nauka wskazuje na niezwykle pilną potrzebę podjęcia działań, zmierzających do realizacji nadrzędnego celu w postaci stabilizacji klimatu. Nie da się tego zrealizować bez odpowiednich inicjatyw rządów oraz innowacyjności i zmiany dotychczasowych postaw w instytucjach i środowiskach gospodarczych.
2. Emisja gazów cieplarnianych, w tym decydującego o zmianach klimatu dwutlenku węgla, jest bezpośrednim rezultatem dwu ekonomicznych zjawisk – rozwoju gospodarczego, opartego o energię pochodzącą z paliw kopalnych oraz energochłonności gospodarki.
3. Potencjalny wzrost produkcji energii jądrowej (opartej o obecnie stosowaną technologię), jakkolwiek nie napotykałby na bariery technologiczne, uważać należy za ograniczony z uwagi na zasoby rudy uranowej, które mogą ulec wyczerpaniu nawet w okresie 10 lat. Każda budowa siłowni jądrowej jest ryzykowna, jeśli nie ma uprzednio zapewnionych dostaw uranu.
4. Pogląd, iż w skali globalnej, intensywny rozwój produkcji energii ze źródeł odnawialnych (słońce, wiatr, biomasa) wystarczy do tego, aby doprowadzić do stabilizacji koncentracji gazów cieplarnianych, jest nazbyt optymistyczny. Tego rodzaju produkcja energii, na określonym poziomie wzrostu napotka na trudne do pokonania bariery. Bariery nie do pokonania może być zbyt szybki rozwój gospodarczy, niedostosowany do tempa rozwoju produkcji energii z surowców odnawialnych.
5. Stabilizacja klimatu może nastąpić tylko pod warunkiem, że wzrost gospodarczy (odpowiednio ograniczony wzrost PKB) i energochłonność (jej odpowiednio szybki spadek) zostaną podporządkowane realnemu wzrostowi bezemisyjnej produkcji energii.

6. Z uwagi na trudności w zapewnieniu dostatecznej ilości czystej energii, we wspólnym oświadczeniu trzynastu Akademii Nauk adresowanym do wszystkich krajów świata, wskazano na niezwykle pilną potrzebę inwestowania we wzrost sprawności produkcji i użytkowania energii.
7. Wobec ograniczonych możliwości produkcji energii odnawialnej na terenie Polski (pilnie potrzebna jest w tej dziedzinie rzetelna inwentaryzacja zasobów) szczególne znaczenie należy przypisać produkcji energii z węgla, sprzężonej z wydzielaniem dwutlenku węgla i jego depozycją pod ziemią.

Literatura

- [1] IPCC Report: Climate Change 2007 – Summary for Policymakers. February 2, 2007.
<http://www.ipcc.ch> a następnie : download Summary for Policymakers.
- [2] National Academy of Sciences: Joint Science Academies' Statement on Growth and Responsibility: Sustainability, Energy Efficiency and Climate Protection. May 16, 2007.
<http://nationalacademies.org/morenews/>.
- [3] GREEN Chris, BAKSI Soham, DILMAGHAN Maryami, 2007 – Challenges to a Climate Stabilizing Energy Futures. Energy Policy vol. 35, pp. 616–626.
- [4] World Resources Institute, <http://earthtrends.wri.org/>
- [5] An Interdisciplinary MIT Study The Future of Nuclear Power. July 29, 2003
<http://web.mit.edu/nuclearpower/>
- [6] ROBERTS S., 2006 — Nuclear Power and Climate Change – but is there enough Uranium to make a Difference?. Energy & Environment vol. 17, No 2, pp. 281–282
- [7] www.million-against-nuclear.net/background.6reasons.html, a także www.ieer.org/ensec/no-5/

Anna MARZEC

Global challenges – how to protect climate and to achieve energy safety?

Abstract

The paper has been based on the following sources:

- ✧ analysis of challenges associated with a stabilization of atmospheric CO₂ concentration, worked out by Chris Green and coauthors,
- ✧ IPCC Fourth Report Summary, published February 2007,
- ✧ Joint Science Academies' Statement on Sustainability, Energy Efficiency and Climate Protection, published May 2007.

The most optimistic prognosis, from other variants worked out by IPCC, predicts CO₂ concentration at 550–600 ppm level by the end of XXI century. It would bring about ~2°C temperature increase compared with 0,8°C increase so far.

Rough estimates of the amount of carbon-free energy required to stabilize climate were provided. Major challenges to stabilizing CO₂ concentration have to be faced. They are technological barriers and necessities of intensive investments in research and development of high amounts of sustainable energy production. Moreover, essential strong ties are inevitable between sustainable energy increase and economy GDP increase – still dependent on fossil fuels although within a limited range (as predicted in IPCC model).

In order to lessen the amount of carbon-free energy for stabilizing climate, the following steps should gain priorities – increase of effectiveness of energy production and use as well as carbon capture & sequestration (CCS) coal technologies.

KEY WORDS: climate policy, CO₂ emission, climate stabilization, economic factors, carbon-free energies, energy development constraints, priorities