ANNA MARZEC

Klimat w opałach

Raport Międzyrządowego Panelu ❖ Możliwości hydroelektrowni i elektrowni atomowych ❖ Energia naturalna: biomasy, słońce, wiatr

Powszechnie wiadomo, że zmiany klimatu są spowodowane przede wszystkim wzrostem koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze. Roczna światowa emisja tego gazu w wyniku spalania paliw kopalnych (węgiel, ropa, gaz ziemny) jest gigantyczna. Na przykład, w 2000 r. wyniosła 25 gigaton, a w 2005 r. wzrosła do 27 gigaton (1 gigatona to 1 mld ton). Na czele głównych „producentów" dwutlenku węgla znajdują się: USA – 21 proc. światowej emisji; Chiny – 15 proc.; UE – 14 proc.; Rosja – 6 proc.; Indie – 6 proc.; Japonia – 4 proc.; Niemcy – 3 procent. Niemal każdy z pozostałych krajów emituje mniej niż 2 proc. globalnej emisji. Oczywiste jest, że odpowiedzialność za przyszłość obciąża przede wszystkim USA, Chiny i UE, które w sumie emitują 50 procent.

Najnowszy, czwarty raport Międzyrządowego Panelu d/s Zmian Klimatycznych (IPCC), opublikowany w lutym 2007 r., zawiera wiele danych, opisujących zaobserwowane ocieplenie klimatu i jego skutki oraz prognozy dotyczące dalszych zmian w 21. wieku (niniejszy artykuł stanowi ekstrakt tego raportu)[1]. Prognozy opracowano dla kilku różnych założeń, dotyczących przebiegu takich procesów jak tempo wzrostu zaludnienia, rozwoju gospodarczego, szybkości postępu technologicznego w różnych regionach świata i wzrostu zużycia energii. Według najbardziej optymistycznego scenariusza, przewidującego najmniejsze ocieplenie klimatu, wzrost średniej temperatury dla lądów i mórz wyniesie około 2°C w porównaniu ze średnią temperaturą końca 20. wieku (1980-1999). Jednak lądy nagrzewają się bardziej intensywnie niż wody oceanów, w związku z czym, przewidywany wzrost temperatury lądów (m.in. w krajach nadbałtyckich, w Kanadzie i w północnych rejonach USA) będzie wyższy o dodatkowe 2-3°C. Inna część prognozy opartej o ten scenariusz przewiduje zmiany intensywności opadów. Będą one najbardziej dotkliwe dla obszarów subtropikalnych, gdzie nastąpi dalszy spadek ilości opadów w porównaniu z tym, czego te rejony już doświadczyły. Tu należy wspomnieć o Darfurze, regionie Sudanu. Od wielu lat toczy się tu wojna domowa, która już

[1] IPCC powstał w 1988 roku z inicjatywy ONZ i Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO). W jego pracach bierze udział kilkuset specjalistów z kilkudziesięciu państw. 7 lutego br. reprezentant Narodowej Rady d/s Badań Naukowych oraz konsorcjum zespołów działających na terenie 70 uniwersytetów USA, przedstawił w Senacie Stanów Zjednoczonych sprawozdanie, które w części dotyczącej badań klimatologicznych jest całkowicie zbieżne z treścią Raportu IPCC.

pochłonęła 200-300 tys. ofiar śmiertelnych, a około 2 mln zmusiła do ucieczki. Jedną z przyczyn konfliktu jest pustynnienie północnej części Darfuru. Zbrojne bandy atakują ludność zamieszkującą południowe obszary przede wszystkim po to, aby się ich pozbyć i zagarnąć cenną ziemię. Dalsze pustynnienie obszarów subtropikalnych będzie powodowało podobne konflikty także w innych rejonach Afryki.

Jak powstrzymać ocieplenie klimatu?

Marzenia o całkowitym zahamowaniu wzrostu temperatury na ziemi są nierealne, bo wymagałoby to natychmiastowej rezygnacji z użytkowania paliw kopalnych do produkcji energii. Zespół wywodzący się z dwu kanadyjskich uniwersytetów, przeprowadził studia dotyczące koniecznych działań, które zapobiegłyby w 21. wieku wzrostowi średniej globalnej temperatury powyżej 2°C. Będzie to i tak bardzo drastyczny jej wzrost, jeśli wziąć pod uwagę, że w 20. wieku wyniósł około 1°C. Zespół bierze pod uwagę nieuniknione, ale ograniczone, dalsze wykorzystywanie paliw kopalnych (węgiel, ropa, gaz ziemny) do produkcji energii.

Czynniki ekonomiczne, determinujące emisję gazów cieplarnianych, to przede wszystkim produkt krajowy brutto, który stanowi sumaryczną wartość dóbr i usług, wytworzonych na terenie danego kraju w ciągu roku. Ale to wytworzenie dóbr, a także usług, wymaga zużycia energii. Jak dotąd, jest ona w przeważającej mierze produkowana z paliw kopalnych, nic zatem dziwnego, że wzrost PKB, uchodzący za miernik rozwoju gospodarczego, wiąże się ze wzrostem emisji dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych (GHG). Drugim czynnikiem jest energochłonność (ang. *Energy Intensity* – EI) produktu krajowego brutto, która jest pochodną sprawności energetycznej gospodarki danego kraju. Miarą energochłonności jest stosunek zużytej energii do wytworzonego PKB. Parametr ten dobrze służy do oceny gospodarki danego kraju; spadek jego wartości z upływem lat dowodzi wzrostu jej efektywności energetycznej, czyli postępu technologicznego zarówno w dziedzinie wytwarzania energii jak i jej użytkowania.

Aby na koniec 21. wieku osiągnąć poziom emisji gazów, który nie spowoduje wzrostu temperatury ponad 2°C, musi zaistnieć ścisła zależność pomiędzy rocznymi wzrostami PKB, rocznymi spadkami energochłonności EI, a corocznym wzrostem ilości energii produkowanej w sposób bezemisyjny (z tzw. surowców odnawialnych). Oto kilka przykładów tej zależności, pochodzących ze wspomnianego opracowania:

Roczny wzrost PKB w latach 2000-2100 (w proc.)	Roczny spadek EI[a] w latach 2000-2100 (w proc.)	Minimalna bezemisyjna produkcja energii w 2100 r.
2	-0,9	840 EJ [b]
2	-1,2	530 EJ
2,5	-0,9	1585 EJ
2,5	-1,2	1075 EJ
		Zakres: od 530 do 1600 EJ

[a/] energochłonność dotycząca energii produkowanej z paliw kopalnych.
[b/] EJ = 10^{18} Joule

Jeśli zatem roczny przyrost PKB wyniesie 2 proc., a spadek energochłonności będzie równy 1,2 proc., to bezemisyjna produkcja energii na koniec wieku musi wynieść 530 EJ. W innych przypadkach będzie to znacznie więcej. Czy te 530 EJ to dużo czy też niewiele, i czy bez trudności uda się ten poziom produkcji bezemisyjnej energii osiągnąć? Część odpowiedzi na te pytania jest zawarta w porównaniu następujących danych. W 2000 r. bezemisyjna produkcja energii wynosiła zaledwie 60 EJ, czyli do końca 21. wieku musiałaby wzrosnąć co najmniej 10-krotnie. Z danych tych wynika jednoznacznie, że wysoki wzrost PKB przestaje być korzystnym zjawiskiem z punktu widzenia naczelnej potrzeby ochrony klimatu. **Wzrost PKB powinien być podporządkowany zdolności gospodarki do obniżania energochłonności oraz uzależniony od wzrostu bezemisyjnej produkcji energii.**

Ile energii z hydroelektrowni i siłowni nuklearnych?

Liczba hydroelektrowni jest ograniczona lokalizacją, w której mogłyby one działać. Specjaliści z tej dziedziny zakładają, że do 2100 r. produkowana w nich energia może być najwyżej podwojona i wynieść około 32 EJ. Zatem jest to zaledwie 6 do 2 proc. tej ilości czystej energii, która byłaby potrzebna do stabilizacji emisji gazów cieplarnianych (od 500 EJ do 1600 EJ, w zależności od rocznego wzrostu PKB i spadku energochłonności).

Ekspansja produkcji energii nuklearnej za pomocą znanej technologii (rozszczepienie uranu), jest limitowana zasobami rudy uranowej, które wynoszą (według ostatnich danych) 3-4 miliony ton. Obecne roczne zużycie to 306 tys. ton, stąd wniosek, że zasoby te zostaną wyczerpane po ok. 10 latach (na świecie działa 440 siłowni jądrowych, a 70 jest w budowie). Optymistycznie jednak założono, że zasoby mogą okazać się znacznie wyższe (około 30 mln ton, według opracowania Massachusetts Institute of Technology). Jednak nawet w takim optymistycznym wariancie, roczna produkcja uranowej energii nuklearnej w 21. wieku nie mogłaby

wzrosnąć w znaczący sposób. Ostateczna ocena potencjału produkcji energii nuklearnej na świecie może wynieść z końcem tego stulecia około 38 EJ. Stanowiłaby zatem od 8 do 2 proc. tej ilości czystej energii, która jest niezbędna do stabilizacji klimatu. Nie można pominąć w tych rozważaniach bariery, która może utrudnić wzrost produkcji energii nuklearnej. Jest to sprzeciw społeczny, wynikający z braku pewności bezpiecznego działania reaktorów i składowania odpadów, oraz z zagrożenia atakami terrorystycznymi. We wspomnianym studium nie wzięto pod uwagę innych technologii (reaktory samopowielające lub realizujące fuzję jądrową), z uwagi na ich nieokreślony czas wdrożenia w skali przemysłowej lub niebezpieczeństwo proliferacji broni jądrowej.

Potencjał produkcji energii z biomasy, słońca i wiatru

Energia słońca i wiatru może być pozyskiwana tylko okresowo. Potrzebny jest tu przełom technologiczny, umożliwiający magazynowanie produkowanej energii i jej systematyczne dostawy do sieci elektrycznej. Zdolność magazynowania energii musi być duża – rzędu nawet jej kilkumiesięcznej konsumpcji – aby można było wyrównać dostawy w okresie obfitej produkcji (silne letnie nasłonecznienie, wietrzne pory roku) i mało intensywnej produkcji w innych okresach. Takim rozwiązaniem może być magazynowanie energii w postaci wodoru, wytwarzanego bezpośrednio na farmach słonecznych lub wiatrowych, na drodze elektrolizy wody. Problem w tym, że potrzebne byłyby duże ilości czystej wody. Na wytworzenie wodoru, zawierającego jeden EJ energii, potrzeba 80 mln litrów wody (taka ilość wody zaspokaja potrzeby półmilionowego miasta). Rozważana jest także możliwość magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza, które okresowo napędzałoby turbiny wytwarzające elektryczność.

Produkcja energii z biomasy, sama wymaga dużych nakładów energii (orka, siew lub nasadzenia, zbiór, suszenie, cięcie oraz transport i ewentualne przetwarzanie na etanol lub olej napędowy). Nie brak opinii, że zużycie energii do produkcji ciekłych paliw z biomasy przewyższa energię zawartą w wyprodukowanym etanolu lub oleju. Ponadto, ekspansja produkcji energii ze słońca, wiatru i biomasy napotka na podobną barierę w postaci zapotrzebowania na duże obszary, na których można by zainstalować odpowiednie urządzenia lub uprawiać biomasę. Wzrost poboru energii słonecznej, w skali znaczącej dla gospodarki światowej, wymagałby powierzchni około 400 tys. km^2 (czyli więcej niż wynosi powierzchnia Polski); pobór energii wiatru – około 1 mln km^2 (powierzchnia Egiptu). Najwięcej, bo 8 mln km^2 (powierzchnia Australii), pochłonęłaby uprawa biomasy. To ogromne zapotrzebowanie na obszar jej uprawy budzi obawy, czy rzeczywiście duży udział energii z biomasy jest realny. Biomasa ma bowiem konkurencję w postaci potrzeby zapewnienia ziemi dla produkcji rolnej i hodowlanej dla wciąż rosnącego zaludnie-

nia globu. Z kolei, jej ewentualna uprawa na pustynnych obszarach wymagałaby bardzo znacznych ilości wody, której tam nie ma.

Ostateczna ocena możliwości produkcji energii pod koniec 21. wieku z tych wszystkich trzech surowców, wynosi 330 do 500 EJ w ciągu roku. Zatem wzrostowi średniej temperatury powierzchni globu powyżej 2°C można będzie zapobiec jedynie w przypadku: ograniczonego rocznego wzrostu światowego PKB do wartości niższych od 2 proc.; corocznego spadku energochłonności (związanej z użytkowaniem paliw kopalnych), wynoszącego co najmniej 1,2 proc., oraz pokonania wspomnianych barier wzrostu produkcji energii słonecznej, wiatru i biomasy, w taki sposób, aby pod koniec tego wieku bezemisyjna produkcja energii wynosiła 500 EJ/rok. Jednakże, dalszy wzrost zużycia paliw kopalnych – bez wydzielania dwutlenku węgla ze spalin i jego sekwestracji – uniemożliwi powstrzymanie wzrostu temperatury.

Jak się okazuje, ochrona klimatu nie będzie zadaniem łatwym. Wymaga to ukierunkowanego, właśnie na ten cel, działania sił politycznych i gospodarczych, międzynarodowej współpracy oraz odpowiednich badań naukowych. Jeśli nie nastąpi głęboka penetracja wiedzy o tym problemie i o konieczności jego rozwiązania, przenikająca wszystkie kręgi społeczne, nie wystarczy ani „niewidzialna ręka rynku", ani regulacje prawne, ograniczające emisję gazów cieplarnianych.

Opracowano na podstawie:

Chris Green, Soham Baksi, Maryam Dilmaghani, „Challenges to a Climate Stabilizing Energy Futures", „Energy Policy", 2007, 35, 616-626.

J.P. Dorian et al., „Global Challenges in Energy", „Energy Policy", 2006, 34, 1984-1991.

MIT Interdisciplinary study on „The Future of Nuclear Energy", http://web.mit.edu/ nuclearpower/

World Resources Institute: http://earthtrends.wri.org

Raport IPCC „Climate Change 2007 – Summary for Policymakers" opublikowany 2.02.2007. http://www.ipcc.ch a następnie: download Summary for Policymakers

---

Anna Marzec, prof. zw. dr hab., chemik. Do 2005 r. kierownik Pracowni Chemii i Fizykochemii Węgla na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W ostatnich latach zajmuje się prognozami wykorzystania surowców energetycznych, emisją CO_2 do atmosfery oraz klimatycznymi konsekwencjami tej emisji.