

Stanisław Gumuła*, Małgorzata Piaskowska

Rozważania na temat możliwości wpływu efektu cieplarnianego na zmianę parametrów klimatycznych atmosfery

Wzrost stężenia dwutlenku węgla w atmosferze, związany z rozwojem energetyki, jest przez wielu uczonych wskazywany jako źródło globalnego zagrożenia ekologicznego Ziemi. Wzrost stężenia tego gazu wzmacnia efekt cieplarniany, co potwierdza wiele faktów. Inne fakty natomiast poddają w wątpliwość powyższe stwierdzenia.

Poniżej postaramy się przedstawić wpływ dwutlenku węgla i innych gazów na powstawanie efektu cieplarnianego, pozostawiając Czytelnikowi wyciągnięcie ostatecznych wniosków co do ich roli.

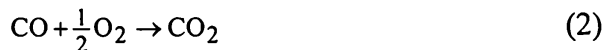
Przyczyny wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze

Procesy spalania paliw, opisane równaniami stechiometrycznymi, przebiegają następująco:

– dla węgla:



– analogicznie dla tlenku węgla (produkowanego jako paliwo gazowe poprzez zgazowanie paliw stałych):

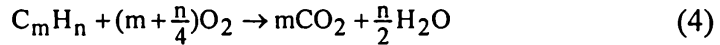


– dla metanu (podstawowego składnika gazu ziemnego):

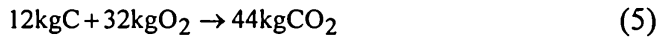


* Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

– ogólnie dla węglowodorów:



Z równania (1), gdy zapiszemy go w jednostkach masy otrzymujemy:



Jak widać, spalanie 1 kg węgla, na którym bazują prawie wszystkie polskie elektrownie i znaczna część światowych zakładów energetycznych, to równoczesna produkcja 3,66 kg dwutlenku węgla. Przyjmując wartość opałową węgla 35 000 kJ/kg oraz średnią sprawność wytwarzania energii elektrycznej wynoszącą około 0,3 łatwo wyliczyć, że wyprodukowanie 1 kWh energii elektrycznej wymaga spalania około 0,33 kg węgla, czyli wyprodukowania około 1,2 kg dwutlenku węgla. Tylko w polskiej energetyce zawodowej zainstalowana jest moc około 34 000 MW, a roczna produkcja energii wynosi około 140 TWh/a, co daje równocześnie produkcję 168×10^6 T/a dwutlenku węgla w ciągu roku. Skala zjawiska jest zatem gigantyczna.

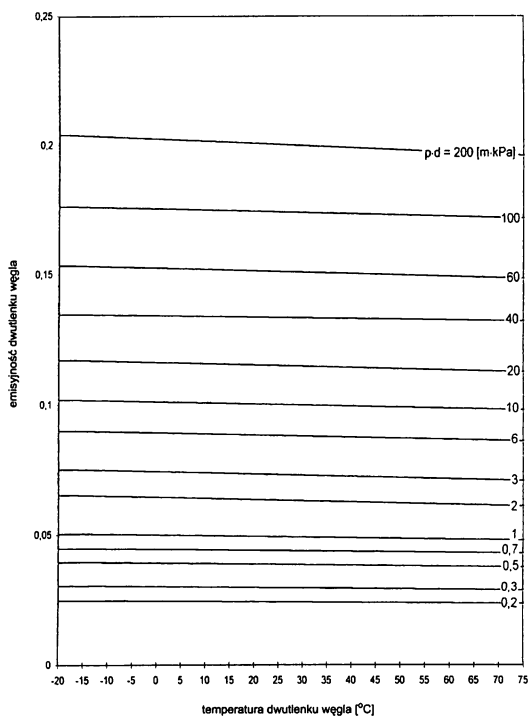
Dwutlenek węgla był w atmosferze odkąd istnieje życie na Ziemi. Jest produktem przemiany materii u ludzi i zwierząt oraz podstawowym budulcem ziemskiej flory, asymilowanym w procesie fotosyntezy. Jest tym samym dla świata roślin, co dla zwierząt i ludzi tlen, zatem w atmosferze być musi. Jeżeli jednak popatrzymy na krzywą stężenia dwutlenku węgla w atmosferze na przestrzeni ostatnich dwustu lat, dostępną w każdej encyklopedii, widać, że równowaga pomiędzy produkcją dwutlenku węgla a asymilowaniem go przez świat roślin została wyraźnie zachwiana. Energetyka produkuje coraz więcej dwutlenku węgla, a drzew i roślin do jego wchłaniania jest na Ziemi coraz mniej.

Mechanizmy powstawania efektu cieplarnianego

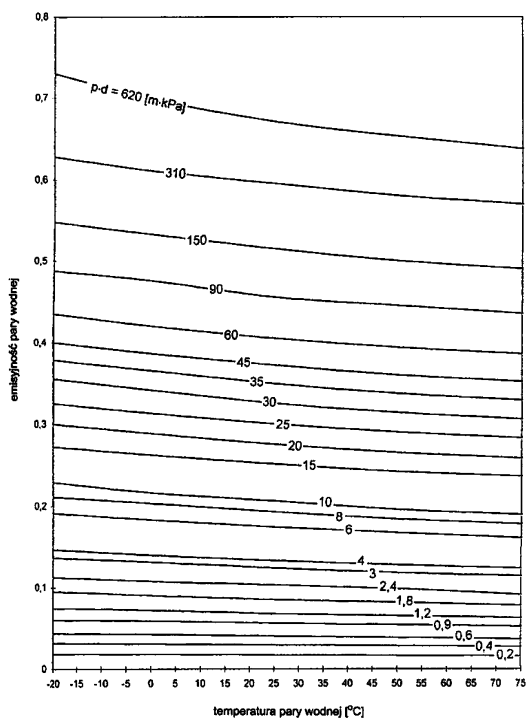
Z termodynamiki wiemy, że wszystkie ciała stałe, ciekłe i gazowe emitują oraz absorbują promieniowanie. Promieniowanie to jest niezależne od obecności i temperatury innych ciał znajdujących się w ich sąsiedztwie (prawo Prewosta). Intensywność promieniowania ciał stałych i ciekłych jest ciągłą funkcją długości wypromieniowywanej fali (częstotliwości promieniowania). Współczynniki emisyjności i absorpcyjności powierzchni danego ciała są sobie równe (prawo Kirchhoffa). Tym prawom, dotyczącym promieniowania, podlega również powierzchnia Ziemi.

Inaczej, z punktu widzenia absorpcyjności i emisyjności promieniowania, przedstawiają się właściwości gazów lub mieszaniny gazów, z których właśnie składa się atmosfera ziemską. Przede wszystkim ogromna grupa gazów, skupiająca gazy jedno- i dwuatomowe (poza dwoma wyjątkami: CO oraz HCl), ma absorpcyjność i emisyjność praktycznie równą zero, czyli nie absorbują i nie emitują promieniowania w żadnym zakresie długości fal (częstotliwości promieniowania). Gazy trój- i więcejatomowe mają emisyjność i absorpcyjność różną od zera, ale nie jest ona ciągłą funk-

cją długości fali. Inaczej mówiąc jest ona selektywna, czyli w pewnych pasmach długości fali występuje, a w pewnych nie. Pasma absorpcyjności i emisyjności danego gazu są identyczne. To znaczy dany gaz absorbuje i emituje promieniowanie w tych samych przedziałach długości fal. Również wartości współczynników emisyjności i absorpcyjności dla danego gazu są sobie w przybliżeniu równe (analogia do prawa Kirchhoffa). Pasma emisyjności i absorpcyjności dla różnych gazów mogą się pokrywać, czyli na siebie nachodzić, mogą się pokrywać częściowo, mogą również na siebie nie nachodzić dla żadnej długości fali. Należy jeszcze zaznaczyć, że inaczej niż ciała stałe, które emitują i absorbują promieniowanie powierzchnią, gazy, nie mając powierzchni, czynią to całą objętością. Emisyjność i absorpcyjność gazu wyrażona współczynnikiem emisyjności, równym w przybliżeniu współczynnikowi absorpcyjności, zależy od temperatury gazu oraz ilości gazu wyrażonej iloczynem grubości warstwy tego gazu i jego ciśnienia. Jeżeli gaz jest składnikiem w mieszaninie złożonej z większej ilości gazów, przyjmuje się jego ciśnienie cząstkowe (parcjalne). Relacje te przedstawiają rodziny charakterystyk: dla dwutlenku węgla na rysunku 1, a dla pary wodnej na rysunku 2. Proces emisji i absorpcji ma miejsce, jak już mówiliśmy, tylko w pewnych pasmach długości fal promieniowania, właściwych dla danego gazu.



Rys. 1. Zależność emisyjności (absorpcyjności) dwutlenku węgla od temperatury tego gazu oraz iloczynu grubości jego warstwy i ciśnienia cząstkowego



Rys. 2. Zależność emisyjności (absorpcyjności) pary wodnej od temperatury tego gazu oraz ilości czynnika grubości jego warstwy i ciśnienia cząstkowego

Intensywność promieniowania Słońca, jako funkcja długości fali, jest zbliżona do ciała doskonale czarnego (prawo Plancka). Emisyjność, a tym samym absorpcyjność podstawowych składników atmosfery: tlenu i azotu, jako gazów dwuatomowych, jest zerowa dla wszystkich długości fal. Z kolei pasma emisyjności i absorpcyjności gazów o większej ilości atomów w cząsteczce, obecnych w atmosferze ziemskiej, znajdują się poza pasmem promieniowania Słońca. W tej sytuacji intensywność promieniowania Słońca przy przejściu przez atmosferę nie ulega istotnym zmianom i w pogodny dzień, przy czystej atmosferze, jej wartość na szczycie atmosfery jest zbliżona do wartości na powierzchni Ziemi.

Energia promieniowania słonecznego, docierająca na powierzchnię Ziemi, ulega między innymi konwersji na ciepło i w ten sposób powierzchnia Ziemi staje się wtórnym źródłem promieniowania. Promieniowanie Ziemi odbywa się w innym zakresie długości fal niż promieniowanie Słońca i ma oczywiście znacznie mniejszą intensywność. A co najistotniejsze, w przedziale długości fal promieniowania Ziemi znajdują się pasma emisji i absorpcji gazów znajdujących się w atmosferze. Do gazów tych należą przede wszystkim para wodna, metan, ozon i właśnie dwutlenek węgla. Zatem

promieniowanie Ziemi, które jest ciągłą funkcją długości fali, w pewnych zakresach tych długości będzie absorbowane, czyli zamieniane na ciepło. Zakres długości fal absorpcji promieniowania Ziemi w atmosferze to oczywiście zakres absorpcji gazów, które się w niej znajdują. Właśnie ta zamiana energii promieniowania Ziemi na ciepło w atmosferze, na skutek istnienia w niej gazów więcej niż dwuatomowych, nazywana jest efektem cieplarnianym (w języku angielskim: greenhouse effect), a gazy, które go powodują gazami cieplarnianymi. Powstawanie efektu cieplarnianego w atmosferze wywołane jest w głównej mierze obecnością w niej pary wodnej, a w następnej kolejności dwutlenku węgla.

Emisja dwutlenku węgla a efekt cieplarniany

Czy wzrost stężenia dwutlenku węgla w atmosferze ziemskiej może stanowić zagrożenie ekologiczne? Wielu ekologów i klimatologów wyraża opinię, że takie zagrożenie jest bardzo poważne. Obserwowane od około dwustu lat ocieplanie się klimatu, topnienie lodów w okolicach podbiegunowych Ziemi, wzrost poziomu wód oceanów i bardzo groźne w skutkach anomalie pogodowe prowadzą do lokalnych katastrof ekologicznych niszczących gospodarkę i infrastrukturę. Z faktu, że takie zjawiska są obserwowane nie wynika jeszcze, iż za wszystko odpowiedzialne jest nasilanie się efektu cieplarnianego, a w szczególności wzrost stężenia jednego tylko z atmosferycznych gazów cieplarnianych, jakim jest dwutlenek węgla. Głębsza analiza charakterystyk pokazanych na rysunkach 1 i 2 wskazuje, że za efekt cieplarniany w atmosferze w około 95% odpowiedzialna jest para wodna. Można zatem powiedzieć, że udział dwutlenku węgla w tworzeniu efektu cieplarnianego w atmosferze jest marginesowy.

Badania temperatury powietrza i poziomu wód oceanów prowadzone systematycznie od około dwustu lat wykazują tendencję wzrostową obydwu tych wielkości.

Jednak badania pośrednie długookresowych zmian klimatycznych, obejmujących okres kilkuset lat, oparte na określeniu zawartości deuteru i stosunku izotopów tlenu ^{18}O do ^{16}O w czasach lodowych biegunów oraz osadów głębokomorskich wykazują, że temperatura atmosfery permanentnie ulegała znacznym wahaniom, a obecny okres wcale do najgorętszych nie należy. Anomalie pogodowe również nie są cechą znamioną naszych czasów. Biblijny potop na pewno nie był następstwem nasilenia się efektu cieplarnianego, zwłaszcza wywołanego rozwojem energetyki.

Podsumowanie

W chwili obecnej, biorąc pod uwagę znane prawa fizyki i charakter procesów zachodzących w atmosferze, zagrożenia ekologiczne ze strony nadmiernej emisji dwutlenku węgla należy uznać za bardzo prawdopodobne, ale nie pewne.

The greenhouse effect influence on changes in climatic parameters of the atmosphere

Abstract

While discussing the global situation of Earth's natural environment and changes in the physical characteristics of atmosphere which cause climate change, the most frequently mentioned is the greenhouse effect. The disturbing results of the greenhouse effect intensification in the atmosphere are mainly attributed to the increasing concentration of only one greenhouse gas – carbon dioxide. The increasing concentration of this gas is connected with the rapid development of energetics relying on combustion. In the last two centuries carbon dioxide concentration in the atmosphere has grown by around 40%.

This article describes the physical mechanisms of how the greenhouse effect originates in the atmosphere. The authors discuss its role in shaping the thermal parameters of the atmosphere and shows the emission/absorption characteristics of the main greenhouse gases, such as water vapour or carbon dioxide. It is pointed out that the crucial factor that in nearly 100% decides about the greenhouse effect occurring in the atmosphere is water vapour. The contribution of other gases, including carbon dioxide, is fractional. It is also concluded that absorption indices of the main greenhouse gases decrease with the rise in temperature, which means a regress in the greenhouse effect with the increase in the atmosphere temperature. The article recalls the results of long-term research into the climatic change on Earth, obtained on the basis of the isotope composition of icecap layers and the composition of seabed sediment, which indicate that, for unknown reasons, the air temperature near the Earth surface has undergone considerable fluctuations on a long-term scale.

In the light of this information and the resulting discussion, blaming carbon dioxide as the exclusive cause of changes and anomalies in the atmosphere is highly controversial.

Key words: Earth atmosphere, carbon dioxide emission, greenhouse effect