

Magdalena Malucha

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

PRZYCZYNY ZMIAN KLIMATU. PRÓBA EKSPLIKACJI GŁÓWNYCH PROBLEMÓW

*Jeżeli chcemy, żeby ten świat sprawnie funkcjonował,
muszą istnieć obszary, gdzie przyroda
jest ważniejsza niż człowiek.*

Andrzej Kassenberg

Streszczenie: Celem niniejszej pracy jest próba identyfikacji i charakterystyka przyczyn zmian klimatycznych na Ziemi. W pierwszej części pracy przedstawiona jest definicja klimatu, jako jednego z głównych elementów środowiska, bez którego nie jest możliwe życie na Ziemi. Następnie omówiony został system klimatyczny, a z nim przyspieszona zmienność klimatu na przełomie XX i XXI w. Kolejna część pracy poświęcona jest identyfikacji przyczyn zmian klimatycznych, które dzieli się na dwie grupy: te, które wywołane są czynnikami naturalnymi oraz te, które są skutkami działalności człowieka. Trzecia część pracy to opis emisji gazów cieplarnianych, jako istotnej przyczyny zmian klimatycznych. W tej części opisane jest hasło gazów cieplarnianych, czym są i jakie gazy się do nich zalicza oraz ich udział w efekcie cieplarnianym. W dalszej części przedstawieni są główni emitenci gazów cieplarnianych.

Słowa kluczowe: klimat, zmiany klimatu, efekt cieplarniany.

1. Wstęp

Wiele się słyszy ostatnio o zmianach klimatu. „Efekt cieplarniany”, „globalne ocieplenie”, „środowisko naturalne” to pojęcia, które budzą dyskusję wśród społeczności międzynarodowej. Bardzo interesujące jest to, jak nasza planeta będzie wyglądać za kilkaset lat. Obecnie społeczeństwo zadaje sobie coraz więcej pytań dotyczących zmian klimatu, a także prognoz na przyszłość. To, co wydawało się niemożliwe jeszcze kilkanaście lat temu, dziś staje się rzeczywistością. Nadszedł najwyższy czas, aby poważnie przyjrzeć się zmianom na naszej planecie. Niektórzy uważają, powołując się na wyniki badań, że to właśnie człowiek, być może nawet w 90%, jest odpowiedzialny za globalne ocieplenie klimatu i wszelkie związane z nim następstwa, w tym także przemieszczenia stref klimatycznych. Celem niniejszej publikacji jest próba identyfikacji i charakterystyka przyczyn zmian klimatycznych na Ziemi.

2. Pojęcie klimatu i systemu klimatycznego

Nasze życie w znacznym stopniu kształtuje klimat. Klimat to nie to samo, co stan pogody widziany za oknem. Klimat to statystyczny stan atmosfery, a więc uśredniony za dłuższy okres (np. 30 lat) obraz pogody, którego charakteryzują wartości średnie i wahania wartości zmiennych meteorologicznych – temperatury, opadu, nasłonecznienia, wiatru, ciśnienia atmosferycznego czy wilgotności powietrza. Klimat określa to, czego możemy się spodziewać, myśląc o przyszłości, natomiast pogoda to jest to, co się rzeczywiście tego dnia zdarzy¹.

Pogodę przewiduje się na krótki okres, najwyżej parę dni, natomiast klimat można prognozować na przyszłość, biorąc pod uwagę pewne czynniki, tj. aktywność Słońca czy skład atmosfery.

Pojęcie klimatu można zdefiniować również i w inny sposób. Klimat to charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określony na podstawie wieloletnich obserwacji². Wyróżnia się następujące elementy klimatu: temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, opady, wiatry, wilgotność, nasłonecznienie, usłonecznienie, zachmurzenie.

Czynniki klimatotwórcze obejmują natomiast:

- szerokość geograficzną (różny kąt padania promieni słonecznych zmienia wielkość otrzymywanej energii słonecznej),
- wysokość n.p.m. (zmienia się temperatura i ciśnienie),
- rozkład lądów i mórz (powstają masy powietrza kontynentalnego suchego i oceanicznego wilgotnego),
- prądy morskie (wpływają na temperaturę obszarów nadbrzeżnych),
- ukształtowanie powierzchni (wysokość i kierunek przebiegu łańcuchów górskich modyfikuje warunki przepływu mas powietrza),
- szatę roślinną (las poprawiają bilans wodny i wpływają na zmianę amplitudy dobowej temperatury powietrza),
- rodzaj podłoża (w zależności od rodzaju podłoża zmienia się ilość energii cieplnej w środowisku – śnieg odbija promieniowanie i zmniejsza przychód energii).

Wśród wielu znanych klasyfikacji klimatycznych za najbardziej rozpowszechnioną i używaną najdłużej uważa się podział klimatyczny, opublikowany w 1900 r. przez Vladimira von Koeppena. Jest to klasyfikacja klasyczna.

W podziale Koeppena wyróżnia się pięć głównych „grup” klimatycznych:

- 1) tropikalne klimaty deszczowe – średnie temperatury miesięczne wyższe od 18°C, brak wyraźnie zaznaczonych termicznych pór roku,
- 2) klimaty suche – opady mniejsze od parowania,

¹ T. Niedźwiedz (red.), *Słownik meteorologiczny*, Warszawa 2003.

² *Geografia fizyczna dla gimnazjum*, Imprint sp. z o.o. 2008.

3) klimaty umiarkowanie ciepłe i wilgotny – średnia temperatura najzimniejszego miesiąca niższa od 18, ale wyższa od -3°C ; przynajmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą wyższą od 10°C , wyraźne pory ciepłe i zimne,

4) klimaty śnieżno-leśne – najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą niższą od -3°C , najcieplejszy – z temperaturą wyższą od 10°C ,

5) klimaty polarne – w najcieplejszym miesiącu temperatura nie przekracza 10°C ³.

Rozważając przyczyny zmian klimatu, należy przyjrzeć się systemowi klimatycznemu Ziemi, który jest bardzo skomplikowany. System klimatyczny to wysoce złożony układ, którego głównymi komponentami są: atmosfera, hydrosfera, kriosfera, powierzchnia lądów i biosfera oraz interakcje między nimi. Klimat ewoluuje na przestrzeni dziejów na skutek swojej własnej wewnętrznej dynamiki oraz pod wpływem czynników zewnętrznych (erupcja wulkanów, zmiany w nasłonecznieniu) i efektów działalności człowieka (zmiany w składzie atmosfery bądź w sposobie użytkowania gruntów⁴).

Definicję systemu klimatycznego pokazuje rys. 1, przedstawiający zachodzące zmiany i interakcje pomiędzy poszczególnymi elementami.

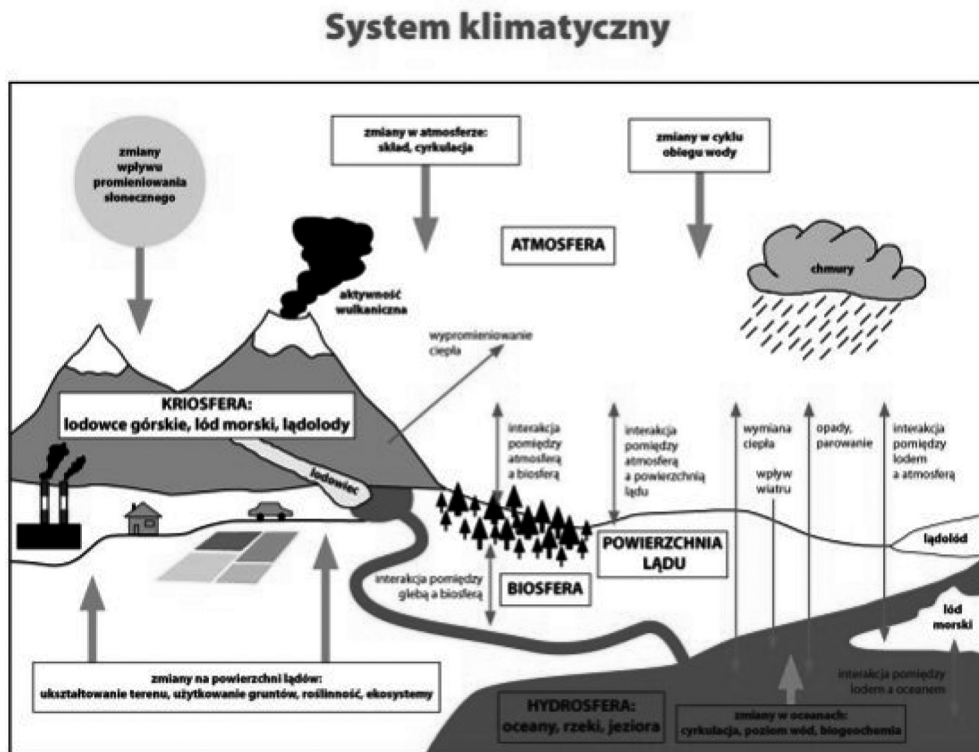
Aby klimat ziemski był stabilny, strumienie ciepła – przychodzące do systemu i wychodzące z systemu – muszą się równoważyć, a więc system musi wypromieniować z powrotem w przestrzeń 235 Wm^{-2} . Taka wartość promieniowania odpowiada temperaturze emisji w wysokości -18°C , a więc o $32,5^{\circ}\text{C}$ poniżej zaobserwowanej średniej temperatury Ziemi, tzn. $+14,5^{\circ}\text{C}$. Sytuację tę można wytłumaczyć za pomocą tzw. efektu cieplarnianego, w wyniku którego Ziemia jest znacznie cieplejsza niż wynikałoby to z odległości od Słońca.

Mechanizm tego procesu przypomina wzrost temperatury wewnątrz cieplarni, której szklany dach wpuszcza krótkofalowe promieniowanie słoneczne, a nie wypuszcza promieniowania długofalowego. Dach „ziemskiej cieplarni” stanowi atmosfera zawierająca tzw. gazy szklarniowe, do których można zaliczyć: dwutlenek węgla, ozon, freon, metan, podtlenek azotu, halon i parę wodną. Gazy cieplarniane zatrzymują promieniowanie długofalowe, które zamiast uciec w przestrzeń, zatrzymywane są przez atmosferę, jak przez szklany dach cieplarni. Nasza planeta jest więc podobna do szklarni nakrytej dachem z atmosfery. Dzięki efektowi cieplarnianemu na Ziemi istnieje bujne życie biologiczne, a wodę można znaleźć w ogromnych ilościach we wszystkich trzech stanach skupienia. Gdyby nie efekt cieplarniany, średnia temperatura na powierzchni globu wynosiłaby -18°C , a więc woda na Ziemi – w znacznie większej mierze – istniałaby w fazie stałej.

Efekt cieplarniany występuje dzięki składowi gazowemu atmosfery i obecności pewnych gazów śladowych. Przeważającymi składnikami ziemskiej atmosfery

³ V. Koppen, *Das geographische System der Klimate, Handbuch der Klimatologie*, t. 1, cz. „C”, 1936.

⁴ www.greenfacts.org (stan z 10.05.2010).



Rys. 1. Komponenty klimatu, zachodzące zmiany i interakcje pomiędzy poszczególnymi elementami

Źródło: www.greenfacts.org (stan z 10.05.2010).

są: azot N_2 (stanowiący 78,1% objętości), tlen O_2 (20,9%) i argon Ar (0,93%). Te dominujące w atmosferze gazy nie biorą jednak udziału w efekcie cieplarnianym. Decydują gazy śladowe, a przede wszystkim dwutlenek węgla CO_2 (najobfitszy gaz cieplarniany w składzie ziemskiej atmosfery), metan CH_4 , podtlenek azotu N_2O i ozon O_3 . Ponadto atmosfera zawiera parę wodną – silny gaz cieplarniany.

Woda jest zasadniczym elementem naturalnego, globalnego systemu klimatyzacji i odgrywa bardzo ważną rolę w systemie klimatycznym. Jeśli na danym obszarze wody nie ma, promieniowanie słoneczne podczas letnich upałów silnie podgrzewa powietrze i powierzchnię Ziemi (tzw. efekt pieca). Jeśli natomiast woda się znajduje, to znaczna część energii promieniowania słonecznego zużywana jest na parowanie – zostaje mniej energii na ogrzanie powietrza i powierzchni Ziemi. Jeżeli temperatura rośnie, wzrasta parowanie wody z oceanów, a zatem rośnie atmosferyczna zawartość pary wodnej – silnego gazu cieplarnianego. W ten sposób efekt cieplarniany przybiera na sile, powodując dalszy wzrost temperatury. Zmiana zawartości pary wodnej w atmosferze wywołuje zmianę zachmurzenia, co z kolei decyduje o zmianach

bilansu energii i wpływa na efekt cieplarniany. Inne, dodatnie sprzężenie zwrotne dotyczy kriosfery. Jeśli rośnie temperatura, to automatycznie intensywniej topnieją śniegi i lody. W efekcie zmienia się współczynnik odbicia – biały śnieg czy lód odbija znaczną część promieniowania słonecznego, a ciemna powierzchnia, pozbawiona śniegu czy lodu, odbija znacznie mniej promieniowania, które jest w większym stopniu pochłaniane, a to powoduje dalszy wzrost temperatury. Mechanizm sprzężenia temperatura–metan dotyczy uwalniania tego silnego gazu cieplarnianego ze zmarzliny na Dalekiej Północy. Temperatura rośnie, więc topi się wieczna zmarzlina, w efekcie północne mokradła emitują coraz więcej metanu, co z kolei prowadzi do dalszego wzrostu temperatury⁵.

W analizie przyczyn zmian klimatycznych mało uwagi poświęca się roli powierzchni Ziemi w kształtowaniu struktury bilansu cieplnego. Najważniejszym czynnikiem determinującym strukturę bilansu cieplnego powierzchni czynnej jest szata roślinna. Pozbawienie globu ziemskiego pokrywy roślinnej przyniosłoby ogromne zmiany klimatyczne – parowałoby znacznie mniej wody, a więc wzrost strumienia ciepła jawnego ogrzewałby dodatkowo atmosferę i powierzchnię Ziemi.

Zmiany klimatyczne następowały zawsze, jednak w XX w. ich tempo stało się szczególnie intensywne. Przykładem jest wzrost średnich temperatur na powierzchni Ziemi, notowany od roku 1861, kiedy to zaczęto prowadzić systematyczne obserwacje. Od tego czasu globalna temperatura wzrosła o 0,6°C, a połowa tej wartości przypada na ostatnie trzydziestolecie. Podobnie nasilają się i inne zjawiska świadczące o zmianie klimatu, np. topnienie lodowców, podnoszenie się poziomu wód w morzach i oceanach czy ekstremalne zjawiska pogodowe, tj. huragany. Te i inne zjawiska bardzo wyraźnie świadczą, że następujące w XX i XXI w. zmiany klimatyczne różnią się od zmian zachodzących w poprzednich stuleciach, zarówno swoim tempem, jak i intensywnością.

Jest wiele dowodów na to, że klimat w XX i XXI w. zmienia się na większą skalę niż dotychczas. Oto kilka z nich.

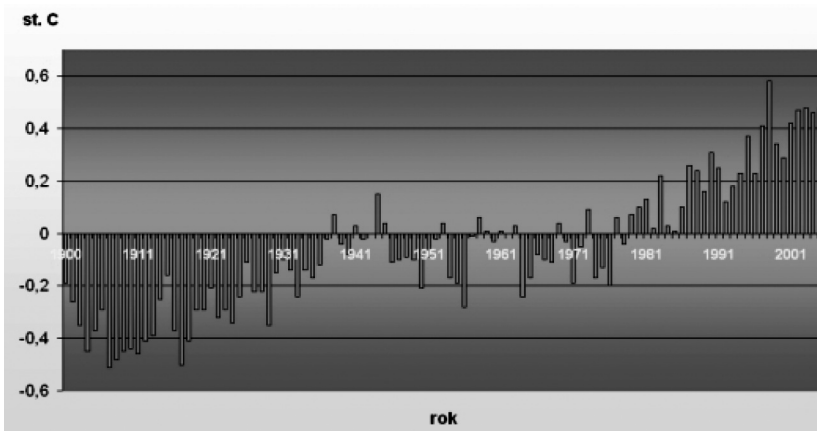
Wzrost średnich temperatur

Wzrost średnich temperatur na Ziemi to najbardziej znany element zachodzących zmian. W XX w. przeciętna globalna temperatura podniosła się o 0,6°C, przy czym wzrost ten był większy na średnich i dużych szerokościach geograficznych.

W pierwszej połowie XX w. Ziemia ogrzała się o 0,3°, później temperatury nieznacznie spadły (o 0,1°), by od połowy lat 70. znowu zacząć rosnać. Im bliżej końca XX w., tym gorzej: na okres od lat 80. przypada aż 19 spośród 20 rekordowo gorących lat, a najcieplejszą dekadą stulecia były lata 90., zaś najcieplejszym rokiem 1998. Wszystko wskazuje na to, że w XXI w. temperatury nadal będą rosły, lata 2002-2004 były bowiem niewiele chłodniejsze od najcieplejszego roku w XX w.,

⁵ Z. Kundzewicz, P. Kowalczak, *Zmiany klimatu i ich skutki*, Wydawnictwo Kurpisz SA, Poznań 2008.

zaś rok 2005 był najprawdopodobniej najgorętszy od kilku tysięcy (jeśli nie milionów!) lat.

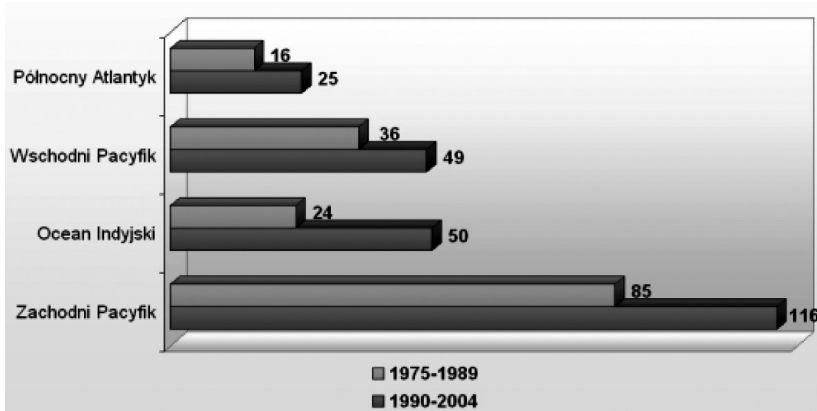


Rys. 2. Zmiany średnich globalnych temperatur na przestrzeni XX w.

Źródło: www.cru.uea.ac.uk (stan z 10.05.2010).

Ekstremalne zjawiska pogodowe

Z przejawami zmian klimatycznych łączą się ekstremalne zjawiska pogodowe. Za sprawą globalnego ocieplenia zwiększyła się na przykład częstotliwość i intensywność susz występujących w niektórych rejonach Afryki i Azji. Z kolei wzrost temperatury powierzchni oceanów o $1,5^{\circ}\text{C}$ w tropikach odpowiada prawdopodobnie za dramatyczne zwiększenie liczby najgwałtowniejszych huraganów po roku 1970.



Rys. 3. Liczba huraganów 4. i 5. kategorii

Źródło: „Time” 2005, nr 3 (October).

Tropikalny cyklon – na Atlantyku i wschodnim Pacyfiku zwany huraganem, zaś na północno-zachodnim Pacyfiku tajfunem – to burza morska, powstająca, gdy temperatura powierzchni morza przekracza 26°C. Od połowy lat 70. o 50% wzrosła siła huraganów mierzona prędkością wiatru i długością ich trwania.

Wiadomo już, że w XX w. klimat zmienił się, wiadomo też, na czym polegają najważniejsze zmiany. Pozostaje jednak pytanie o przyczynę tych zmian.

3. Identyfikacja przyczyn zmian klimatu

Klimat na Ziemi zmieniał się „od zawsze” – okresy chłodniejsze przeplatały się z cieplejszymi. Niezmienną cechą klimatu jest jego zmienność. Zmienia się on i teraz. Mechanizm zmian klimatu dzieli się na dwie grupy:

- efekty wywołane czynnikami naturalnymi,
- skutki działalności człowieka (efekt antropogeniczny)⁶.

W przeszłości zmiany klimatu były wywołane wyłącznie czynnikami naturalnymi – wahaniami promieniowania słonecznego (aktywność Słońca), zmianą położenia i konfiguracji Ziemi na orbicie wokół Słońca i zmianą składu ziemskiej atmosfery (np. w wyniku megaerupcji wulkanu czy uderzenia wielkiego meteorytu w powierzchnię Ziemi).

W zmianach klimatu ważną rolę odgrywały sprzężenia zwrotne, związane z własnościami powierzchni Ziemi (lód i śnieg, zmarzlina, roślinność, para wodna). Przynajmniej od stu kilkudziesięciu lat istotne są również efekty antropogeniczne wywołane działalnością człowieka⁷.

Historia wykazuje, że klimat naszej geosfery ulega ustawicznej fluktuacji z powodu czynników astronomicznych, geofizycznych czy związanych z procesami wewnątrz atmosfery. Przyczyn tych zmian jest bardzo wiele (tab. 1). Są to między innymi ruchy płyt kontynentalnych i ruchy górotwórcze oraz towarzyszące im procesy wulkaniczne. Są one prawdopodobnie wynikiem powtarzania się epok lodowych w historii Ziemi (co 30-40 mln lat).

Wśród naturalnych przyczyn zmian klimatu możemy wymienić:⁸

- okresowe wahania temperatury oceanów i zmiany przebiegów prądów oceanicznych,
- wzrost zlodowacenia skutkiem spadku zasolenia oceanów w krainach polarnych,

⁶ *Antropocen* – termin na określenie obecnej epoki geologicznej, zdominowanej działalnością człowieka, zaproponowany przez Paula Crutzena, laureata nagrody Nobla, pracownika Instytutu Oceanografii imienia Scripps. Według Crutzena nowa epoka geologiczna rozpoczęła się już 200 lat temu.

⁷ S. Więckowski, I. Więckowska, *Globalne zagrożenie środowiska*, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska WSP, Kielce 1999.

⁸ J. Niedzielski, T. Gierczyk, *Przyczyny i następstwa ubytku ozonu w stratosferze*, Uniwersytet Warszawski, Biblioteka Monitoringu Środowiska PIOŚ, Warszawa 1992.

Tabela 1. Czynniki naturalne powodujące zmiany klimatu

Przyczyny zmian klimatu	Konsekwencje dla systemu klimatycznego	Skala czasowa zmian
Czynniki tektoniczne	Ruchy skorupy ziemskiej	30-40 mln lat 10-15 mln lat
Czynniki astronomiczne Długookresowe zmiany elementów orbity (kształtu elipsy, nachylenia płaszczyzny równika ziemskiego do ekliptyki)		90 tys. lat 40 tys. lat
Czynniki astrofizyczne Zmiany aktywności Słońca Zmiany aktywności geometrycznej Ziemi	Cykliczność w przebiegu wysokości ciśnienia atmosferycznego i temperatury powietrza	Cykliczność 11-22-letnia, 35-letnia 90-110-letnia
Czynniki geofizyczne Ruch obrotowy Ziemi (wahania prędkości kątowej i wędrówka osi obrotu w globie ziemskim, nutacja)	Tworzenie się pływów biegunowych, zmiany poziomu oceanu światowego, w tym prądów morskich	Cykl 14,4 miesiąca Cykl roczny, powodujący sezonowe zmiany rozkładu masy atmosfery Ziemi
Czynniki sejsmologiczne Pyłowe i gazowe, erupcje wulkaniczne	Zmiany w dopływie promieniowania i rozkładzie temperatury powietrza	
Czynniki antropogeniczne	Zmiany chemizmu atmosfery, wywołujące zmiany w transmisji i reemisji promieniowania. Zmiany podłoża atmosfery, przekształcenia naturalnego obiegu wilgoci. Przyrost średniej temperatury powietrza.	

Źródło: B. Obrębska-Starkel, L. Starkel, *Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego*, Zeszyt Instytutu Geografii i Przestrz. Zagospod., PAN, Warszawa 1991.

- długookresowe fluktuacje systemu klimatycznego,
- zmiany promieniowania słonecznego,
- pyły wulkaniczne,
- zmiany stężenia CO₂ w atmosferze,
- zmiany albedo powierzchni Ziemi⁹.

Zmiany klimatu stały się w ostatnich latach przedmiotem zainteresowania wielu społeczeństw. Przyczyniła się do tego coraz większa świadomość, zwłaszcza niekorzystnych zmian klimatycznych, tj. anomalii pogody, np.: silne wiatry, długotrwałe susze, tajfuny, powodzie, zubożenie warstwy ozonowej, wzrost poziomu wód oceanicznych, zanikanie lasów i ich wzrastające zanieczyszczenie, poszerzenie się ob-

⁹ S. Więckowski, I. Więckowska, wyd. cyt.

Tabela 2. Antropogeniczne i przyrodnicze występowanie wybranych charakterystyk biogeochemicznych (mln ton)

Biogeochemiczne funkcje człowieka	Źródła antropogeniczne	Antropogeniczne występowanie	Źródła naturalne	Naturalne występowanie	Stosunek antropogenicznego do naturalnego występowania (%)
Gazy – dwutlenek węgla – tlenek węgla – związki azotu – węglowodory – dwutlenek siarki – siarkowodór	– spalanie paliw – spalanie paliw – spalanie paliw – spalanie paliw i produkcja chemiczna – spalanie paliw – produkcja chemiczna	14 000 274 53 88 146 3	– procesy biologiczne, wulkany – pożary, oceany – procesy biologiczne, wulkany – procesy biologiczne – wulkany – procesy biologiczne, wulkany	1 000 000 75 1100 480 2 100	1,4 360 5 18 7 300 3
Woda	– pobór wody – pobór bezzwrotny – zmiana wód naturalnych w ścieki	560 000 140 000 5 500 000	– odpływ rzeczny – odpływ rzeczny – odpływ rzeczny	36 000 000 36 000 000 36 000 000	1,5 0,4 15
Pyły – pierwotne – wtórne	– spalanie paliw i śmieci, metalurgia, produkcja cementu, rolnictwo – procesy przekształcania cząsteczek gazów	92 204	– morska sól, pył glebowy, pyły wulkaniczne, pożary – procesy przekształcania cząsteczek gazów	1207 1105	7,6 18,4
Ropa naftowa	– produkcja przemysłowa – w tym zrzut do oceanów	1800 5,1	– obieg naturalny – obieg naturalny	0,1 0,1	1 800 000 5 100
Metale ciężkie – ołów – rtęć – kadm	– produkcja przemysłowa, spalanie paliw, – produkcja przemysłowa, spalanie paliw, – produkcja przemysłowa, spalanie paliw	5 0,12 1	– obieg naturalny – obieg naturalny – obieg naturalny	0,1 0,003 0,0005	5 000 4 000 200 000

Źródło: J. Szypunow, *Organizowannost' biosfery*, Nauka, Moskwa, 1980.

szarów pustynnych, zanik pokrywy śnieżnej czy coraz częstsze bezśnieżne zimy, spadek produkcji rolnej, zagrożenie dla biologicznej różnorodności¹⁰.

Przyjmuje się założenia, że ludzkość nie jest w stanie znacząco zmienić składu ziemskiej atmosfery. Jednakże wpływ działalności człowieka na ocieplenie klimatu wynika głównie ze spalania surowców energetycznych, produkcji przemysłowej, składowania odpadów, produkcji ścieków, użytkowanie ziemi, a zwłaszcza wylesienia i uprawy roślin. Duże znaczenie ma liczba ludności, gdyż im jest ona większa, tym większa presja na środowisko i tym większa intensywność emisji gazów szklarniowych. Prócz tych elementów człowiek wprowadza do środowiska coraz więcej substancji biochemicznych, dodając do nich związki sztucznie syntetyzowane i nie występujące dotychczas w przyrodzie (tab. 2).

Takie ilości zanieczyszczeń, niewspółmierne z naturalnym środowiskiem, z trudem współgrają ze sobą i są stałym zagrożeniem dla elementów biosfery.

4. Emisja gazów cieplarnianych jako istotna przyczyna zmian klimatycznych

Zanieczyszczenie atmosfery jest najpoważniejszą przyczyną zmian środowiska. Do istotnych problemów związanych z zanieczyszczeniem powietrza zalicza się:

- ocieplenie klimatu,
- zmniejszenie warstwy ozonowej,
- wzrost kwasowości wód oraz zamieranie lasów z powodu kwaśnych opadów i dwutlenku siarki.

Efekt cieplarniany – czyli proces wzrostu temperatury przypowierzchniowych warstw atmosfery Ziemi, spowodowany przez antropogeniczną emisję gazów cieplarnianych, jest znany od dawna. Zdefiniowano go i opisano już w pierwszej połowie XIX w., do czego – w 1827 r. – przyczynił się francuski fizyk i matematyk Jean Fourier (1768-1830), a w 1861 r., irlandzki fizyk John Tyndall (1820-1893). Także i inni uczeni dostrzegli zagrożenie globalnego ocieplenia, wśród nich znalazł się francuski astronom Nicolas Flammarion (1842-1925) oraz szwedzki fizykochemik i astrofizyk Svante Arrhenius (1859-1927)¹¹.

Efekt cieplarniany jest zjawiskiem naturalnym i dobroczynnym dla biosfery, obawy budzi jednak jego nasilenie spowodowane nadmiernym stężeniem gazów cieplarnianych w atmosferze, które może spowodować globalny wzrost temperatury. Czynniki wpływające na efekt cieplarniany to: wypalanie i wycinanie lasów tropikalnych, spalanie paliw kopalnych, pożary na szeroką skalę, stosowanie azotanów w uprawach rolniczych, działalność gospodarcza człowieka – fabryki, ciepłownie, zakłady przemysłowe, awarie rafinerii naftowych, ogromna ilość śmieci i odpadów,

¹⁰ J. Śleszyński, *Ekonomiczne problemy ochrony środowiska*, Aries, Warszawa 2000.

¹¹ B. Dobrzańska, G. Dobrzański, D. Kielczowski, *Ochrona środowiska przyrodniczego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.

wybuchy wulkanów i szybów naftowych, spaliny samochodowe, nadmierna emisja dwutlenku węgla.

Gaz cieplarniany to gazowy składnik atmosfery, będący przyczyną efektu cieplarnianego. Gazy te zapobiegają wydostawaniu się promieniowania podczerwonego z Ziemi, pochłaniają je i oddają do atmosfery w wyniku czego następuje zwiększenie temperatury powierzchni Ziemi. W atmosferze występują zarówno jako efekt naturalnych procesów, jak i na skutek działalności człowieka.

Poniżej wymieniono gazy cieplarniane oraz ich udział w efekcie cieplarnianym:

- para wodna (najpowszechniejszy z gazów cieplarnianych w atmosferze),
- dwutlenek węgla (CO_2) – 50%,
- metan (CH_4) – 18%,
- ozon (O_3) – 12%,
- freony (CFC) – 14%,
- podtlenek azotu (N_2O) – 6%.

Do naturalnych źródeł emisji gazów cieplarnianych zalicza się:

- aktywność wulkaniczną – emisje gazów. Wielkości emisji gazów wulkanicznych różnią się znacznie w czasie,
- aktywność biologiczną flory i fauny.

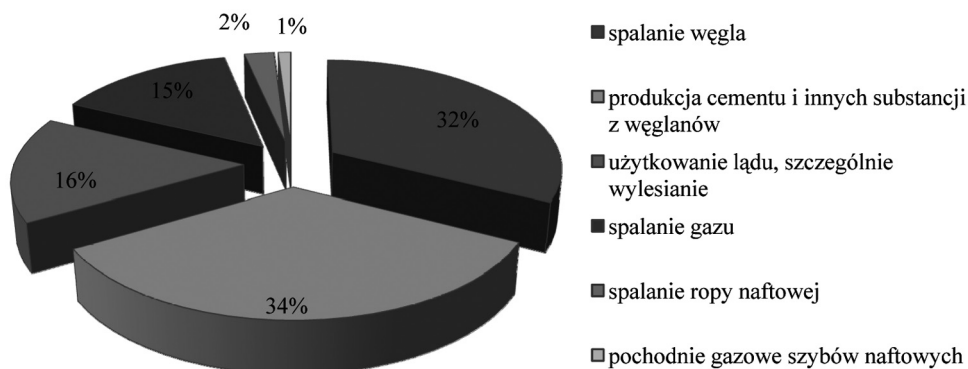
Do źródeł emisji dwutlenku węgla, spowodowanych działalnością człowieka, zalicza się m.in.:

- spalanie węgla – 32%,
- produkcję cementu i innych substancji z węglanów – 34%,
- użytkowanie łąd, szczególnie wylesianie – 16%,
- spalanie gazu – 15%
- spalanie ropy naftowej – 2%
- pochodnie gazowe szybów naftowych – 1%¹².

Głównym gazem cieplarnianym – obok dwutlenku węgla – jest para wodna. Jej ilość uwarunkowana jest równowagą między parowaniem i opadami atmosferycznymi. Wzrost ilości gazów cieplarnianych jest efektem emisji pochodzenia antropogenicznego i ma duży wpływ na zmiany klimatu.

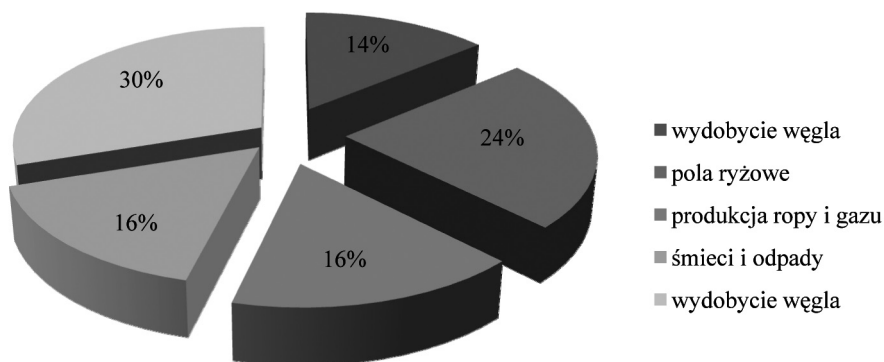
Dwutlenek węgla jest chemicznie trwały i utrzymuje się w atmosferze przez dziesiątki lat. Obok dwutlenku węgla innym ważnym gazem cieplarnianym jest metan CH_4 . Utrzymuje się w atmosferze od 9 do 15 lat i zatrzymuje ciepło dwudziestokrotnie efektywniej niż CO_2 . Metan jest odpowiedzialny za 20% ocieplenia wywołanego przez działalność człowieka na Ziemi. Główne źródła emisji metanu to: wydobywanie węgla – 14%, pola ryżowe – 24%, produkcja ropy i gazu – 16%, śmieci i odpady – 16%, wydobywanie węgla – 30%.

¹² IPCC Fourth Assessment Report, Working Group I Report, „The Physical Science Basis”.



Rys. 4. Źródła emisji CO₂

Źródło: A. Żyromski, *Czy grozi nam zmiana klimatu?* Ogólnopolski miesięcznik ekologiczny „Eko-natura” 2009, nr 5.



Rys. 5. Źródła emisji metanu

Źródło: A. Żyromski, wyd. cyt.

Freony, w przeciwieństwie do pozostałych gazów, nie powstają w sposób naturalny. Powstają w wyniku reakcji chemicznych, przeprowadzanych przez człowieka w produkcji aerozoli. Freony mają dużą trwałość i są niebezpiecznym gazem. Można je znaleźć w takich produktach, jak:

- klimatyzatory samochodowe – 19%,
- środki czyszczące – 12%,
- lodówki i klimatyzatory – 9%,
- aerozole – 5%,
- sterylizacja medyczna – 4%,

- styropiany – 28%,
- inne – 23%.

Najmniejszą rolę w powstawaniu efektu cieplarnianego odgrywają tlenki azotu N_2O . Do środowiska dostają się głównie ze spalinami samochodów oraz z azotowymi nawozami sztucznymi.

Emisja gazów cieplarnianych gwałtownie rośnie i jeśli się tego nie ograniczy to długoterminowa średnia temperatura może wzrosnąć nawet od 3 do 6°C. Może to zniszczyć naszą planetę. Długoterminowym celem UE, dotyczącym klimatu, jest ograniczenie wzrostu średniej globalnej temperatury max do 2°C. W związku z tym należy znacznie ograniczyć emisje, co oznacza, że stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze musi zostać ustabilizowane na maksymalnym poziomie 450 ppm. Aby osiągnąć ten cel i rozpocząć walkę ze zmianą klimatu, do roku 2030 emisje muszą zostać ograniczone o 27 gigaton rocznie w odniesieniu do stanu obecnego¹³. Największych emitentów CO_2 przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Najwięksi emitenci CO_2 w gigatonach

Kraj	2005	2015	2030
USA	5,8	6,4	6,9
Chiny	5,1	8,6	11,4
Rosja	1,5	1,8	2
Japonia	1,2	1,3	2
Indie	1,1	1,8	3,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie: A. Żyromski, wyd. cyt.

Dotychczasowe starania w zakresie walki z globalnym ociepleniem nie są skuteczne, nawet mając na uwadze szczyt w Kopenhadze, który obradował od 7 do 18 grudnia 2009 r., gdzie Unia Europejska żądała, aby ograniczono emisję CO_2 do atmosfery o 20, a nawet 30% w stosunku do roku 2005. Sprzeciw wyrazili najwięksi emitenci dwutlenku węgla – Stany Zjednoczone oraz Chiny, przy czym USA zadeklarowało 17% ograniczenia emisji CO_2 , natomiast Chiny nie złożyły żadnych deklaracji.

5. Wnioski

Na podstawie przedstawionych powyżej rozważań sformułować można następujące wnioski:

- klimat jest jednym z głównych elementów środowiska, bez którego nie jest możliwe życie na Ziemi;

¹³ www.vattenfall.pl (stan z 10.05.2010).

- klimat na Ziemi zmieniał się ciągle, jednak w dobie uprzemysłowienia zmiany znacznie się zdynamizowały;
- duża część zmian klimatycznych miała miejsce w ostatnim trzydziestolecu, gdy nasiliły się zjawiska świadczące o zmianie klimatu (np. topnienie lodowców, podnoszenie się poziomu wód w morzach i oceanach czy ekstremalne zjawiska pogodowe, tj. huragany). Te i inne zjawiska świadczą bardzo wyraźnie, że następujące w XX i XXI w. zmiany klimatyczne różnią się od zmian zachodzących w poprzednich stuleciach zarówno swoim tempem, jak i intensywnością;
- zmiany klimatu są efektem wywołanym przez czynniki naturalne oraz przez skutki działalności człowieka;
- jedną z głównych przyczyn wpływających na zmianę klimatu jest emisja gazów cieplarnianych: dwutlenku węgla, ozonu, freonu, metanu, podtlenku azotu oraz pary wodnej;
- brak skuteczności w dotychczasowych staraniach w zakresie walki z globalnym ociepleniem.

Należy – możliwie szybko – zahamować ocieplenie klimatu. Modernizacja w gospodarce energetycznej, transportowej czy komunalnej nie zaszkodzi, a może zapobiec problemom ekonomicznym i ekologicznym w przyszłości. Jedno jest pewne, odpowiednie i wspólne działania mogą ograniczyć emisję zanieczyszczeń, pozwalając w ten sposób zapanować nad żywiołem jakim jest klimat.

Literatura

- Dobrzańska B., Dobrzański G., Kielczowski D., *Ochrona środowiska przyrodniczego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
- IPCC Fourth Assessment Report, Working Group I Report, „The Physical Science Basis”.
- Koppen V., *Das geographische System der Klimate, Handbuch der Klimatologie*, t. 1, cz. „C”, 1936.
- Kundzewicz Z., Kowalczak P., *Zmiany klimatu i ich skutki*, Wydawnictwo Kurpisz S.A., Poznań 2008.
- Niedzielski J., Gierczyk T., *Przyczyny i następstwa ubytku ozonu w stratosferze*, Uniwersytet Warszawski, Biblioteka Monitoringu Środowiska PIOŚ, Warszawa 1992.
- Niedźwiedz T., *Słownik meteorologiczny*, Warszawa 2003.
- Obrębska-Starkel B., Starkel L., *Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego*, Zeszyt Instytutu Geografii i Przestrz. Zagospod. PAN, Warszawa 1991.
- Szypunow J., *Organizowannost' biosfery*, Nauka, Moskwa, 1980.
- Śleszyński J., *Ekonomiczne problemy ochrony środowiska*, Aries, Warszawa 2000.
- Więckowski S., Więckowska I., *Globalne zagrożenie środowiska*, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska WSP, Kielce 1999.
- www.cru.uea.ac.uk (stan z 10.05.2010).
- www.greenfacts.org (stan z 10.05.2010).
- www.vattenfall.pl (stan z 10.05.2010).
- Żyromski A., *Czy grozi nam zmiana klimatu?*, Ogólnopolski miesięcznik ekologiczny „Ekonatura” 2009, nr 5.

CAUSES OF THE CLIMATE CHANGE. AN ATTEMPT OF MAIN PROBLEMS EXPLANATION

Summary: The objective of the article is an attempt of identification and characteristics of the causes of climate changes on the Earth. In the first part of the work there is a definition of climate as one of the main elements of the environment without which life on the Earth is not possible. Next, the climatic system is discussed together with the rapid variability of the climate at the turn of the XXth and XXIst centuries. Another part of the work is devoted to the identification of the reasons of the climate change. There are two groups of reasons: the ones caused by natural factors and the others which result from the activity of human. The third part of the work is a description of exhaust gases as the essential reason of the climatic changes. In this part the definition of exhaust gases is presented: what they are, what gases belong to them and what is their participation in the greenhouse effect. In the further part, the main producers of exhaust gases are presented.