



Efekt cieplarniany od strony fizycznej Kontrowersje wokół wpływu człowieka na jego pogłębianie się

Małgorzata Kleiner

Ziemia jest otoczona **atmosferą**, czyli powłoką gazową składającą się z mieszaniny gazów (powietrza). Atmosferę można porównać do niewidzialnego pancerza, który chroni nas przed nadmiarem promieniowania słonecznego.

Zadanie: Przypomnij sobie, jakie gazy wchodzą w skład powietrza i jaka jest ich zawartość procentowa.

Atmosferę dzielimy na cztery podstawowe warstwy. Najbliżej Ziemi jest troposfera, następnie kolejno: stratosfera, mezosfera i termosfera.

Zadanie: Poszukaj informacji o tym, do jakich wysokości sięgają poszczególne warstwy.

Wszystkie zjawiska związane z pogodą oraz obieg wody w przyrodzie zachodzą właśnie w troposferze. W szczególności to tutaj znajduje się para wodna, która skraplając się, tworzy chmury.

Bez atmosfery nasze życie nie byłoby możliwe. Atmosfera młodej Ziemi nie zawierała tlenu w ogóle albo zawierała go w znikomej ilości. Składała się głównie z metanu, azotu i dwutlenku węgla. Według badań naukowców duńsko-amerykańskich np. przed 2,5 mld lat krajobraz naszej planety kształtowały bakterie wytwarzające metan.

Słońce dostarcza Ziemi energii – we wszystkich kierunkach (w tym w kierunku Ziemi) biegnie strumień fal elektromagnetycznych i cząstek elementarnych (tzw. promieniowanie korpuskularne).

Zadanie: Przypomnij sobie, jakim zakresem długości fali odpowiadają poszczególne rodzaje promieniowania, w szczególności, jaki przedział długości fali to światło widzialne.

Nie wchodząc w dokładne dane liczbowe (zresztą źródła naukowe różnią się nieco między sobą), prawie połowa energii promieniowania słonecznego przypada na zakres widzialny i prawie połowa na promieniowanie nadfioletowe (ultrafioletowe UV) oraz bliską podczerwień (fale te odczuwamy w postaci ciepła).

Promieniowanie słoneczne musi przejść przez atmosferę. Po drodze osłabia się na skutek zjawisk odbijania, pochłaniania i rozpraszania. W rezultacie tylko około 50% energii dociera do powierzchni Ziemi.

Promieniowanie docierające do powierzchni Ziemi ma trochę inny skład widmowy niż to, które wchodziło w atmosferę – np. ultrafiolet stanowi tylko ok. 1% (wcześniej ok. 9%), bo reszta jest pochłaniana przez warstwę ozonową (warstwa ozonowa znajduje się w stratosferze i są w niej także inne gazy, nie tylko ozon).

Promieniowanie, które dotarło do powierzchni Ziemi (w tym wód), jest w przeważającej części pochłaniane, powodując jej ogrzanie. Następnie ta powierzchnia wysyła promieniowanie (zwane ciepłym) z zakresu dalekiej podczerwieni, czyli o bardzo małej częstotliwości. To promieniowanie w znacznym stopniu jest zatrzymywane przez atmosferę (w znacznie większym stopniu niż promieniowanie słoneczne) – duża jego część jest przez nią odbijana lub w niej pochłaniana i ponownie wypromieniowywana ku Ziemi. Za odbijanie i pochłanianie są odpowiedzialne chmury (składające się



z kropelek wody i kryształków lodu), para wodna, pyły i niektóre gazy, zwane cieplarnianymi. Zjawisko to nosi nazwę **efektu cieplarnianego** lub **szklarniowego**, ponieważ często próbuje się je wytłumaczyć, porównując z procesami zachodzącymi w szklarni, czyli cieplarni.

Szklarnia jest wykonana ze szkła. Światło może się więc dostać do środka obiektu. Tam zostaje ono pochłonięte, dzięki temu grunt w szklarni oraz rośliny się ogrzewają. One z kolei emitują promieniowanie z zakresu dalekiej podczerwieni. Szkło nie wypuści już go na zewnątrz – promieniowanie zostanie pochłonięte przez szkło, a następnie wyemitowane z powrotem do szklarni. Elementy szklane można porównać do jednostronnych zaworów: wpuszczają promieniowanie świetlne, ale zatrzymują promieniowanie podczerwone.

Funkcję szklarnianych szyb pełnią w atmosferze właśnie gazy cieplarniane. Światło słoneczne dociera do powierzchni Ziemi, ale promieniowanie podczerwone „wędrujące” w górę jest zatrzymywane przez gazy cieplarniane (szklarniowe) i ponownie emitowane między innymi w kierunku Ziemi. W rezultacie ogrzewa się powierzchnia naszej planety oraz dolna część atmosfery.

Należy sobie zdawać sprawę z tego, że jest to uproszczony opis zjawiska, ale jednak często stosowany.

Najważniejsze gazy cieplarniane to:

- para wodna
- dwutlenek węgla (CO₂)
- metan (CH₄)
- freony
- ozon (O₃)
- tlenki azotu.

Od razu trzeba zaznaczyć, że wpływy poszczególnych gazów na efekt cieplarniany trudno ująć w dokładne wartości liczbowe, ponieważ w różnych rejonach świata jest różny stopień ich emisji, a ponadto niektóre z nich oddziałują na inne. Dlatego dane procentowe publikowane przez naukowców mogą się istotnie różnić.

Najpowszechniejszym gazem cieplarnianym jest **para wodna**. Według różnych źródeł odpowiada ona za około 30–60% efektu cieplarnianego, a licząc razem z chmurami (które składają się nie z pary, lecz z kropelek wody i kryształków lodu) za około 65–85%. Właśnie na przykładzie pary wodnej najłatwiej zrozumieć, dlaczego podane wartości procentowe mają aż taki rozrzut.

Wiadomo, że zawartość pary wodnej w atmosferze zależy silnie od temperatury na Ziemi.

Zadanie: Zastanów się, jak intensywność opadów zależy od temperatury. Porównaj opady w rejonach biegunowych i równikowych.

Ponadto na danym obszarze ilość pary wodnej w atmosferze może się bardzo szybko zmieniać w czasie.

Zadanie: Zastanów się, jak zmienia się ilość pary wodnej przy intensywnym parowaniu, a jak po intensywnych opadach.

Para wodna bierze też udział w procesie tworzenia się chmur. Chmury z jednej strony odbijają promienie słoneczne w kosmos jak lustro, zmniejszając w ten sposób nagrzewanie Ziemi. Z drugiej strony pochmurne niebo utrzymuje ciepło na Ziemi – szczególnie dobrze widać to, gdy porównasz pochmurne i bezchmurne noce. Oba te efekty nakładają się na siebie.



Generalnie ocenia się jednak, że całkowita zawartość pary wodnej w atmosferze nie zmieniła się w istotny sposób w ciągu ostatnich kilkuset lat. Ponadto na zawartość pary wodnej w atmosferze ludzie nie mają znaczącego wpływu.

Na drugim miejscu znajduje się **dwutlenek węgla**, czyli tlenek węgla(IV), którego udział w efekcie cieplarnianym wynosi ok. 9–26%. Jego zawartość w powietrzu w porównaniu z początkiem XX wieku wzrosła prawie o połowę i dalej wzrasta. Ponadto jest to gaz, który utrzymuje się w atmosferze bardzo długo.

Źródło naturalne to głównie oddychanie ludzi i zwierząt oraz rozkładająca się roślinność.

Natomiast źródło związane z działalnością człowieka to przede wszystkim spalanie paliw kopalnych – węgla, gazu ziemnego i ropy naftowej. Ponadto wycinanie dużych ilości drzew bez sadzenia nowych zwiększa stężenie CO₂ w atmosferze – spalanie drewna lub jego rozkład powodują uwolnienie CO₂.

Kolejnym gazem cieplarnianym jest **metan** – jego wkład w efekt cieplarniany jest oceniany na około 4–9%.

W przyrodzie produkują go bakterie podczas rozkładu substancji organicznych (głównie szczątków roślin i zwierząt oraz zwierzęcych odchodów). Najwięcej tego gazu wytwarzają bagna oraz osady dennie (materia zalegająca na dnie zbiorników wodnych). Metan powstaje też w przewodzie pokarmowym zwierząt, zwłaszcza bydła, będąc składnikiem gazów zwanych wiatrami.

Źródła związane z działalnością człowieka to wzrost hodowli zwierząt gospodarczych, powiększanie się terenów niektórych upraw, utylizacja odpadów oraz wydobywanie węgla, ropy i gazu ziemnego (wtedy metan uwalnia się do atmosfery).

Warto zwrócić uwagę na to, że metan ma około 35 razy większą zdolność absorpcyjną promieniowania z zakresu dalekiej podczerwieni w porównaniu do dwutlenku węgla, a więc znacznie mniejsze jego ilości stają się groźne.

Freony pod względem chemicznym są pochodnymi chlorowcowymi węglowodorów nasyconych. W cząsteczce zawierają atomy chloru i fluoru, czasami także bromu. Powstają one jedynie w wyniku reakcji chemicznych przeprowadzonych przez człowieka. Freony szeroko stosowano w instalacjach chłodniczych, do produkcji spienionych tworzyw sztucznych, w środkach do mycia urządzeń elektronicznych oraz w pojemnikach ciśnieniowych (głównie dezodoranty).

Zaczęto maksymalnie ograniczać ich produkcję, gdy okazało się, że uwolnione do atmosfery niszczą warstwę ozonową (chlor z freonów zamienia ozon na zwykły tlen). Ozon, oprócz tego, że jest gazem cieplarnianym, odgrywa ważną rolę: pochłania w bardzo dużym stopniu promieniowanie ultrafioletowe, którego nadmiar jest niebezpieczny.

Zadanie: Dowiedz się, jaki szkodliwy wpływ ma promieniowanie ultrafioletowe.

Warto wiedzieć, że freony ze względu na bardzo małą aktywność chemiczną są bardzo trwałe – uwolniona do atmosfery porcja może tam przebywać około 100 lat! Mają niestety ogromną zdolność pochłaniania promieni podczerwonych: 10 000–20 000 razy większą niż CO₂.

Ozon jest naturalną odmianą tlenu.

Zadanie: Dowiedz się, czym różni się ozon od zwykłego tlenu; ustal jego wzór chemiczny.

Powstaje on głównie jako skutek uderzenia pioruna. Charakterystyczny „świeży” zapach po burzy



jest najczęściej efektem wytworzenia ozonu. Ozon powstaje także w wodospadach.

Jego obecność w górnych warstwach atmosfery chroni organizmy żywe przed szkodliwym promieniowaniem UV. Blisko powierzchni ziemi jest jednak szkodliwy dla zdrowia. W niektórych wielkich miastach zdarza się powstawanie tzw. smogu ozonowego.

W powstawaniu efektu cieplarnianego odgrywają rolę także **tlenki azotu**. Do środowiska dostają się głównie wraz ze spalinami samochodów oraz razem z azotowymi nawozami sztucznymi. Bardzo znany jest podtlenek azotu N_2O , czyli tlenek azotu(I) – jego nazwa potoczna to „gaz rozweselający”.

Kontrowersje dotyczące przyczyn efektu cieplarnianego

Trzeba wyraźnie powiedzieć, że naturalny efekt cieplarniany jest nam bardzo potrzebny. Bez niego średnia temperatura na Ziemi wynosiłaby około -15 stopni, więc większość jej powierzchni byłaby skuta lodem.

Problemy powoduje ten dodatkowy efekt cieplarniany wywołany przez ludzi. To on prowadzi do **globalnego ocieplenia**. Aby pokazać, że jest to problem ekologiczny stanowiący zagrożenie dla całej ludzkości, podamy tutaj przykłady zjawisk, które mogą wystąpić już za około 100 lat, jeśli efekt będzie narastał w takim tempie jak dotąd.

- Na skutek podniesienia się temperatury powietrza i wody w oceanach topią się lodowce, przez co poziom wody w morzach i oceanach rośnie. Gdy wzrośnie o około 1 m, zostanie zalanych wiele delt rzecznych i wiele wysp. Pod wodą mogą się znaleźć np. w Azji duża część Chin, a w Europie – Holandii i Danii.
- W wielu regionach zaostrzą się susze. Nasilą się pożary lasów, w rezultacie czego do atmosfery trafią dodatkowe ilości gazów zwiększających efekt cieplarniany.
- Skutkiem zmiany układów ciśnień atmosferycznych będzie dużo większa ilość huraganów, tornad i cyklonów.
- Zwiększone parowanie zbiorników wodnych nasili ilość opadów – będzie więcej powodzi, a w górach lawin.
- Na skutek przemieszczenia się stref klimatycznych znikną z powierzchni Ziemi te gatunki roślin i zwierząt, którym nie uda się dostosować do nowych warunków; choroby charakterystyczne dla danego klimatu (np. malaria) zaatakują ludzi i zwierzęta, które nie są na nie odporne.
- Zmniejszy się powierzchnia upraw niektórych roślin, co pogłębi głód w wielu rejonach świata.
- Znacznie zwiększą się wydatki na likwidację szkód kataklizmów i klęsk żywiołowych, co może prowadzić do głębokich kryzysów gospodarczych.

W środowisku naukowym przeważa pogląd, że ocieplenie się klimatu jest spowodowane głównie działalnością człowieka. Jednak od pewnego czasu pojawia się coraz więcej wypowiedzi naukowców, że obecne dowody na to, iż produkcja dwutlenku węgla, metanu lub innych gazów cieplarnianych przez człowieka spowoduje w przyszłości katastrofę ekologiczną, nie są wystarczająco przekonujące. Co więcej, twierdzi się, że efekt cieplarniany wywołuje wiele efektów pożytecznych dla naturalnej roślinności oraz środowisk zwierzęcych na Ziemi. Pojawia się np. możliwość uprawy roślin ciepłolubnych na nowych obszarach, przedłuża się okres wegetacji niektórych roślin, skraca okres dojrzewania zbóż.

Są prace pokazujące, że przy narastającym efekcie cieplarnianym teoretycznie możliwe jest również zwiększenie się masy lodowców. W wyniku ocieplenia klimatu nasili się parowanie wód w morzach i oceanach, co doprowadzi do zwiększenia ilości opadów na Ziemi. W okolicach biegunów naszej planety opady śniegu mogą przyczynić się do szybkiego nagromadzenia lodowców.



Część naukowców twierdzi z kolei, że gazy cieplarniane emitowane wskutek działalności człowieka mają znikome znaczenie w kształtowaniu globalnej temperatury powietrza, natomiast za obserwowany obecnie wzrost temperatury odpowiedzialne są procesy naturalne, które nawiedzają Ziemię cyklicznie od co najmniej tysięcy lat – w historii naszego globu pojawiały się na przemian okresy cieplejsze i zimniejsze. Zwraca się uwagę na ich ścisły związek z okresami podwyższonego i obniżonego stężenia CO₂. Obecnie znajdujemy się właśnie w fazie ocieplania się klimatu.

Jak wiadomo, obserwuje się od pewnego czasu wzrost aktywności słonecznej. Niektórzy naukowcy właśnie to zjawisko uważają za przyczynę powstawania efektu cieplarnianego. Jest też teoria tłumacząca, że za niszczenie warstwy ozonowej odpowiada przede wszystkim Słońce, a nie człowiek.

Niektóre prace naukowe wykazują, że za zjawisko efektu cieplarnianego mogą być także odpowiedzialne prądy morskie, wybuchy wulkanów, promieniowanie kosmiczne, a nawet nieznanne dotąd czynniki naturalne.

Z kolei uważa się, że topnienie lodowców to skutek ocieplenia regionalnego, a nie globalnego.

Wreszcie duża grupa naukowców uważa, że współczesne techniki obliczeniowe są niestety niewystarczające do poprawnego przewidywania długoterminowych zmian klimatycznych. Zwraca się tu uwagę na niedoskonałość modeli oraz niekompletność danych pomiarowych

Niestety, przy badaniach zjawiska ocieplenia dużą rolę odgrywają aspekty polityczne i finansowe – czasami przekracza się granicę pomiędzy wiarygodnym badaniem naukowym a uprawianiem polityki.

Jeśli nawet ocieplenie się klimatu następuje bez istotnego wpływu człowieka, to trzeba dołożyć starań, by w miarę ludzkich możliwości zahamować ten naturalny, ale niebezpieczny proces.

Literatura:

1. Artykuły z serii *Environmental Science Published for Everybody Round the Earth*:
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/8676101bf12dfb07823eac068110cf86,0/Service/Strona_g_wna_ip.html
2. Artykuły z serii: <http://ziemianarozdrozu.pl>
3. *Multimedialna Encyklopedia Powszechna PWN. Edycja 2010.*
4. Olaczek Romuald, *Słownik szkolny. Ochrona przyrody i środowiska*, WSiP, Warszawa 1999.