

## Jak psuje się klimat?

Świadectwa geologiczne dokumentują drastyczne zmiany klimatu, jakie były udziałem naszej planety i to na długo, zanim zaczął na niej gospodarować człowiek. Były więc i zlodowacenia i warunki tropikalne. Ale ponoć nigdy dotąd nie zachodziły one w tak szybkim tempie, a zatem nigdy nie stanowiły zagrożenia dla aktualnie żyjących gatunków. Jeśli temperatury, albo opady zmieniają się powoli, to organizmy, które nie tolerują tych zmian mogą migrować. Natomiast jeśli zmiany są szybkie, to na migrację nie ma czasu i ten czy ów gatunek może po prostu zniknąć. Obserwowane w XIX i XX wieku zmiany są właśnie bezprecedensowo szybkie, co stanowi przedmiot troski przyrodników.

Istnieje poważna dyskusja nad tym, czy zmiany te są wywołane działalnością człowieka, czy są może uwarunkowane inaczej. Istnieją również dyskusje nad przyszłością zmian klimatycznych. Nie ma pod tym względem pełnej zgodności, bo i problem jest bardzo skomplikowany. Klimatologia ma wielu fachowców, ale wiedza o tym, jak skład atmosfery wpływa na temperaturę nie jest powszechna. Jeszcze gorzej jest pod względem numerycznego rozwiązywania wielkich układów równań różniczkowych cząstkowych, które mogłyby symulować klimat na całej ziemi. Jest na świecie tylko kilka modeli komputerowych, które to robią profesjonalnie.

Pewności więc nie ma, ale wśród fachowców przeważa opinia, iż spodziewany wzrost stężenia dwutlenku węgla w atmosferze musi prowadzić do wzrostu średniej temperatury powierzchni ziemi o kilka stopni Celsjusza w ciągu następnych kilku dziesięcioleci. Najbardziej spektakularnym rezultatem tego procesu byłoby stopienie arktycznych lodowców i podniesienie się poziomu morza, zresztą nie tylko z powodu większej masy wody, ale przede wszystkim z powodu wzrostu objętości na skutek podgrzania. Ale są i inne efekty. Jednym z nich byłyby zakłócenia w opadach, a zwłaszcza nasilenie zjawisk ekstremalnych – susz i powodzi. Innym miałyby być wzrost częstotliwości huraganów i epizodów gorąca (*heat waves*). A już zupełną katastrofą byłoby odwrócenie Prądu Zatokowego (*Golfsztromu*), który obecnie schładza Amerykę i podgrzewa Europę; trudno wprost przewidzieć, jakie by to mogło mieć skutki.

Geograficzny rozkład spodziewanych szkód nie jest równomierny. Wiadomo na pewno, że zniknęłyby pod wodą niektóre małe państwa wyspiarskie na Oceanie Indyjskim i Spokojnym. Warunki dla rolnictwa w Afryce uległyby pogorszeniu. Natomiast korzyści odnotowałyby – być może – niektóre regiony Syberii i północnej Kanady. Pewności nie ma, ale przyjmuje się, że w skali świata szkody górowałyby nad korzyściami.

Ilekcóż zdarzy się gdzieś powódź, susza, albo epizod gorąca, skutkujący nasileniem zgonów (zwłaszcza wśród ludności miejskiej), publicyści wskazują na zmiany klimatyczne jako przyczynę klęski. Jest to dość prostackie rozumowanie, ponieważ na podstawie obserwacji kilkuletnich nie można wnioskować o klimacie. Można, co najwyżej, narzekać na pogodę. Natomiast zmiany klimatyczne wymagają obserwacji przez wiele pokoleń i uśredniania wyników w skali dziesięcioleci.

Dysponujemy wiarygodnymi wieloletnimi danymi o stężeniu dwutlenku węgla w atmosferze i średniej temperaturze powierzchni ziemi. Pierwsze mierzy się w PPM (*Parts Per Million*). Wzrosło ono z około 280 w połowie XIX wieku do około 400 obecnie. Na podstawie różnych badań przyrodniczych szacuje się, że przez kilka poprzednich tysiącleci wahało się ono od 200 do 280. Dane te zestawia się z szacunkami średniej temperatury powierzchni ziemi. W połowie XX wieku była ona o niemal 0,5°C wyższa niż średnio w ciągu poprzedniego

tysiąclecia. Natomiast najbardziej spektakularny przyrost nastąpił od połowy XX wieku. Wynosi on niemal 1°C, jeśli posługiwać się średnimi dziesięcioletnimi (które eliminują oczywiste wahania coroczne).

Dyskusyjny jest kierunek związku przyczynowo-skutkowego, a nawet samo istnienie tego związku. Są analizy, które sugerują, że zmiany stężeń mogą być skutkiem, a nie przyczyną zmian w temperaturze. Jednak przeważa pogląd, iż jest na odwrót. Zdecydowana większość fachowców uważa, że wzrost stężenia dwutlenku węgla powoduje wzrost temperatury. Teoria, która to wyjaśnia, sformułowana została przez Svante Arrheniusa, szwedzkiego chemika i jest znana od końca XIX wieku. Odwołuje się ona do faktu, iż dwutlenek węgla jest bardziej przezroczysty dla promieniowania ultrafioletowego niż dla promieniowania podczerwonego. Tymczasem w docierającej do ziemi energii promieniowania słonecznego jest sporo światła ultrafioletowego, natomiast w energii z powrotem odbitej w przestrzeń kosmiczną jest sporo światła podczerwonego. Dwutlenek węgla stanowi więc rodzaj pułapki dla energii: pozwala jej dotrzeć do ziemi, ale nie pozwala uciec. Aby planeta pozostawała w stanie równowagi termicznej (aby ilość energii przychodzącej i wychodzącej była taka sama), temperatura – która decyduje o ilości wypromieniowanej energii – musi wzrosnąć.

Jest to tzw. "efekt szklarniowy", od wieków wykorzystywany przez ogrodników. Przykrywają oni jakimś tworzywem grządki, aby – sztucznie podnosząc stężenie dwutlenku węgla – wywołać wzrost temperatury. Dzięki temu uprawa roślin jest szybsza albo wydajniejsza. Ziemska atmosfera działa właśnie jak taka gigantyczna szklarnia. Dzięki śladowej obecności dwutlenku węgla powoduje, że planeta nie wychładza się, jak tylko słońce przestaje świecić, tylko utrzymuje przy powierzchni ziemi temperatury, które pozwalają na trwanie życia. Niepokój przyrodników budzi nadmierny i zbyt szybki przyrost tej obecności.

Dwutlenek węgla jest substancją występującą w przyrodzie naturalnie. Powstaje choćby w procesie oddychania, więc pewna jego ilość musi krążyć. Wiele milionów lat temu (kiedy klimat był znacznie gorętszy) było go w atmosferze dużo więcej. Krążył w biosferze, umożliwiając funkcjonowanie wspaniałych lasów. Z powodów, które nie są do końca jasne, nastąpiła jednak katastrofa ekologiczna, powodująca, że owe wspaniałe lasy przestały żyć, skamieniały, skryły się pod ziemią, przetrwały tam bardzo długo i dopiero w czasach nowożytnych zostały odkryte jako pokłady węgla lub paliw węglowodorowych. Spalając je, człowiek w ciągu kilkuset lat przywraca atmosferze dwutlenek węgla, który był z niej eliminowany w trakcie znacznie dłuższych epok geologicznych.

Spalanie paliw kopalnych nie jest jedynym źródłem dwutlenku węgla. Analogicznie działa deforestacja. Póki las żyje, w tkankach drzew zgromadzony jest zapas związków węgla. W chwili, gdy powierzchnia leśna ulega zmniejszeniu – a w skali świata, zwłaszcza poza Europą właśnie tak się teraz dzieje – zapas ten zostaje zagrożony. Dopóki drewno zachowuje swoją integralność, np. w postaci produktów przemysłu drzewnego, zapas trwa. Natomiast w chwili jego dezintegracji, a przecież każdy produkt kiedyś się rozpadnie, zapas ten w formie dwutlenku węgla powraca do atmosfery.

Podobną rolę jak dwutlenek węgla w atmosferze odgrywają także inne gazy, które opatrzone są mianem "gazów szklarniowych". Należy do nich przede wszystkim metan, którego ważnymi źródłami są hodowla bydła i uprawa ryżu. Wprawdzie ilość emitowanego metanu jest na świecie znacznie mniejsza niż dwutlenku węgla, ale oddziaływanie jego cząsteczek na klimat jest znacznie silniejsze. Tak więc jego znaczenie nie jest marginesowe. Do "gazów szklarniowych" należą także niektóre substytuty freonów, wylansowane przez Protokół Montrealski.