

Gdzie się podziała zima?

„Czy to już wiosna?” pyta (20/02/2020) moja lekarka w Sopocie¹ i dodaje: „Zmiany klimatyczne w historii Ziemi zachodziły zawsze”. Prawda, Pani Doktor! „Efekt cieplarniany występuje też na Marsie” – mówi ekspert w programie TVP, a drugi ekspert, też profesor, nie potrafi tej tezy ocenić. „Para wodna jest głównym gazem cieplarnianym” – stwierdza na głównym kanale włoskiej TV RAI znakomity skądinąd popularyzator nauki. „A w czasach dinozaurów temperatura była wyższa o 12 stopni” – dodaje. Tak! ale zapewne Fahrenheita. Czyli wszystko prawda, ale zebrane w całość składa się na jeden duży paradoks: percepcja społeczna efektu cieplarnianego nie przekracza poziomu szesnastolatki. Zgadamy się wszyscy z powagą problemu, ale nie udaje się uzyskać minimum konsensusu na temat wielkości efektu cieplarnianego, jego głównych czynników ani projekcji rozwoju sytuacji.

Zmiany klimatyczne są cechą immanentną wszystkich planet. Na Ziemi występowały wielokrotnie okresy zlodowaceń i wysokiej temperatury. Nie rozumiejąc do końca sprzężeń zwrotnych w mechanizmach klimatycznych, nie wiemy jeszcze, co było przyczyną tego rodzaju zmian. Bez wątplenia zmiany temperatury są skorelowane z zawartością CO₂ w atmosferze, co pokazują np. badania lodu z Antarktydy [1]. Ale to nie CO₂ jest głównym gazem cieplarnianym na Ziemi, tylko para wodna. Dzięki zawartości CO₂ (na poziomie 200–300 ppm) i pary wodnej (do 4%) naturalny efekt cieplarniany na Ziemi wynosi +33 K (o tyle chłodniejsza byłaby powierzchnia Ziemi, gdyby nie ochronna warstwa atmosfery). Ziemia znajduje się pod „podwójną pierzynką” [2]. Innymi słowy, gdyby nie atmosfera, średnia (po porach roku i na całym globie) temperatura wynosiłaby (minus) -18°C: żadnego życia, a jedynie lodowa pustynia. Na Marsie też jest dwutlenek węgla, ale ciśnienie atmosferyczne jest rzędu 1/100 ziemskiego, więc efekt cieplarniany wynosi zaledwie +3K, a średnia temperatura -63°C.

Sprzężenie między niewielką, skądinąd, zawartością CO₂ a temperaturą jest zaskakująco silne.

Wynika to ze struktury absorpcji promieniowania ciepłego (IR) przez powietrze. Większość jest absorbowana przez parę wodną, ale pozostaje małe „okno”, które wypełnia CO₂. Zwiększenie poziomu CO₂ powoduje więc, co prawda, tylko nieznaczne podniesienie temperatury, ale ponieważ zawartość pary wodnej w atmosferze rośnie bardzo silnie z temperaturą, powstaje dodatnie (czyli destabilizujące) sprzężenie zwrotne: wyższa tempe-

ratura → większa zawartość pary wodnej → większa absorpcja IR → wyższa temperatura. Między innymi ten efekt powoduje, że modelowanie zmian klimatycznych jest bardzo złożone [3]

Wiadomo też, że przez ostatnie 720 tys. lat zawartość CO₂ nie przekroczyła nigdy 300 ppm (zbadano wycinki rdzenia z lodu, z rozdzielczością 10 lat [1]). Innymi metodami bada się historię nowszą – różne pomiary są zgodne: między rokiem 1000 a 1850 r. (początek przemysłowego spalania węgla) zawartość CO₂ wynosiła 280 ppm. Obecne (luty 2020) stężenie, według amerykańskiej NOAA, wynosi 414 ppm. Czyli stale rośnie. Nie jest to jeszcze groźne dla naszych płuc, ale – jak już wyjaśniałem – ma wielkie znaczenie dla zwiększenia globalnego ocieplenia.

Trudno więc uniknąć konkluzji, że musimy koniecznie ograniczyć emisję CO₂. Będzie to oczywiście bardzo trudne. Warto przypomnieć, że w pięciu krajach świata energetyka jest niemal całkowicie oparta na węglu kamiennym. Są to Australia, Chiny, Indie, Kazachstan i Polska. W przypadku Polski dopłaty do węgla to mniej więcej 2 tys. zł na jednego obywatela rocznie (dane: Radio 3). Ale spalanie węgla to nie tylko największe, na jednostkę pozyskanej energii, źródło atmosferycznego CO₂; to także emisja groźnych zanieczyszczeń. Według badań brytyjskich [4] zwiększona (250 ng/m³) zawartość benzopirenu w powietrzu w cyklu życia 40 lat podwaja szanse na raka płuc. Stąd przyjętą w UK normą jest 2,5 ng/m³. W Polsce w 2017 roku średni poziom benzopirenu wyniósł 20 ng/m³. Pytanie: czy chcemy kopać (i importować) węgiel, czy inwestujemy w postępowy techniczny, pozostaje więc tylko (przynajmniej dla uczonych) pytaniem retorycznym.

Jednym z dyskutowanych wśród fizyków rozwiązań jest energetyka uranowa (zob. cykl artykułów w „Postępkach Fizyki” w 2019 r.); innym możliwym jest cykl torowy (zob. mój tekst w „PAUzie Akademickiej” nr 476 z czerwca 2019). Oczywiście ważne jest rozszerzenie zastosowania odnawialnych źródeł energii, przede wszystkim energii wiatru i światła słonecznego, ale wymaga to rozwiązania problemu magazynowania energii, gdyż nie zawsze wieje wiatr i świeci słońce. Tutaj obiecującą technologią jest „energetyka wodorowa”, jak to omawiano w listopadzie ubiegłego roku w Gdańsku [5]. Musi to być jednak „zielony wodór”, produkowany z wody z pomocą pojawiających się okresowo nadwyżek energii uzyskanych dzięki fotowoltaice i energii wiatru. Ale tu też są potrzebne badania naukowe i niezbędna „trzecia misja uczelni” dla uzyskania społecznej akceptacji/determinacji.

GRZEGORZ KARWASZ

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

¹ W Sopocie zimą 2019/2020 nie było ani jednej nocy z ujemną temperaturą i ani jednego dnia z pokrywą śnieżną.

Bibliografia

- [1] Uemura, R., Motoyama, H., Masson-Delmotte, V. et al. Asynchrony between Antarctic temperature and CO₂ associated with obliquity over the past 720,000 years. *Nature Commun.* 9, 961 (2018). doi:10.1038/s41467-018-03328-3
- [2] Karwasz, G., Służewski, K., Ziemia pod pierzynką, czyli o naturalnym efekcie cieplarnianym, *Foton*, 121 (Lato 2013) 37-42. http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2013/Cieplo1_2013.pdf
- [3] Heinze, Ch., Eyring, V., Friedlingstein, P. et al. Climate feedbacks in the Earth system and prospects for their evaluation, *Earth Syst. Dynam. Discuss.*, doi:10.5194/esd-2018-84
- [4] Delgado-Saborit, J. M., Stark, Ch., Harrison, R. M., Carcinogenic potential, levels and sources of polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures in indoor and outdoor environments and their implications for air quality standards, *Environment International*, 37, 383 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.10.011>
- [5] <http://rigp.pl/posumowanie-miedzynarodowej-konferencji-na-temat-technologiei-wodorowych/>

Wydarzenia – link

