

OD NAUKI O KLIMACIE DO GEOPOLITYKI – perspektywa porozumienia klimatyczno-energetycznego w skali globalnej

Tomasz Müller*

Wstęp. Rozwojowi demograficznemu i ekonomicznemu populacji ludzkiej towarzyszy stale wzrastające zapotrzebowania na zasoby, w tym na energię. (IPCC, 2014) Ponieważ zasoby na Ziemi są ograniczone, to ekspansji ludzkiej towarzyszy rosnący napór na ekosystemy lądowe, słodkowodne i morskie. W wyniku tego naporu dochodzi do degradacji, kurczenia się i niszczenia środowiska życia coraz większej liczby gatunków zwierząt i roślin. Ostatecznym skutkiem tej presji jest nie tylko wymieranie gatunków, ale także narastające zanieczyszczenie gleby, wód i atmosfery, co rodzi zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego (Smil, 2005; Popkiewicz, 2012). Ludzkość przywłaszcza sobie coraz to większą część produkcji pierwotnej netto biosfery, czyli ilości materii organicznej wyprodukowanej na drodze fotosyntezy w ciągu roku po uwzględnieniu kosztów oddychania komórkowego; w odróżnieniu od produkcji pierwotnej netto, produkcja pierwotna brutto obejmuje materię organiczną zużyta w procesach oddychania komórkowego (Weiner 1999). Ocenia się, że w pierwszej dekadzie XXI wieku ludzkość zawłaszczała około 28% potencjalnej produkcji pierwotnej netto biosfery, przy czym w horyzoncie lat 40. wskaźnik ten może wzrosnąć do 33% (Ma et al. 2012).¹ Kolejnym aspektem wpływu człowieka na biosferę jest emisja do atmosfery stale rosnących ilości dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych pochodzących ze spalania paliw kopalnych, produkcji cementu i zmiany sposobu użytkowania ziemi². Oba te aspekty działalności ludzkiej nie pozostają bez wpływu na biogeochemiczne cykle obiegu materii (Weiner, 1999). Szczególnie istotna z punktu widzenia zmian klimatycznych jest uwzględnienie węgla w cykl obiegu materii. Wobec zagrożeń wynikających z potencjalnych zmian klimatu, szczególnej wagi nabiera rzetelna ocena obecnego stanu ziemskiego systemu klimatycznego, a także ewentualna prognoza sytuacji klimatycznej w obecnym stuleciu i w dalszej perspektywie czasowej (IPCC, 2014).

¹ Obliczając proporcję produkcji pierwotnej zawłaszczonej przez człowieka bierze się pod uwagę bezpośrednio spożycie pokarmu przez ludzi, spożycie pokarmu przez zwierzęta domowe, zużycie drewna oraz połowy ryb. Ponadto uwzględnia się także potencjalne straty PPN wynikające ze zmniejszonej produktywności ekosystemów pól uprawnych, w porównaniu do ekosystemów naturalnych, na których miejscu rosną (Ma et al. 2012).

² Te oba aspekty działalności ludzkiej przenikają się wzajemnie; i tak przekształcanie ekosystemów naturalnych w ekosystemy sztuczne odbywa się przy użyciu energii pochodzącej z paliw kopalnych, których spalanie powoduje emisję CO₂.

* dr Tomasz Müller – zajmuje się ekologią ewolucyjną i nauczaniem biologii, związany z Instytutem Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego i Instytutem Ochrony Przyrody PAN w Krakowie.

Bilans energetyczny Ziemi

Temperatura na powierzchni Ziemi zależy zarówno od energii docierającej do naszej planety z najbliższej gwiazdy – Słońca, a także od energii emitowanej przez Ziemię w przestrzeń kosmiczną (Weiner, 1999; Kump et al. 2010). Średnie natężenie promieniowania słonecznego przed wejściem w atmosferę ziemską wynosi około $1366 \text{ [W/m}^2\text{]}$; wartość ta nosi nazwę stałej słonecznej. Mniej więcej 1/3 promieniowania słonecznego docierającego do górnych warstw atmosfery ziemskiej ulega odbiciu, głównie od chmur i powierzchni Ziemi, pozostała część jest pochłaniana przez atmosferę i powierzchnię globu. Proporcja promieniowania słonecznego ulegającego odbiciu od atmosfery i powierzchni Ziemi jest określana jako albedo³. Ostatecznie Ziemia emituje energię w otaczającą przestrzeń kosmiczną w postaci promieniowania podczerwonego. Bilans energetyczny Ziemi to różnica energii pochłoniętej przez atmosferę i powierzchnię Ziemi oraz energii wysyłanej przez Ziemię w otaczającą przestrzeń w postaci promieniowania podczerwonego.⁴ Gdy różnica ta jest równa zero, to energia zgromadzona w systemie klimatycznym jest stała i możemy oczekiwać, że średnia temperatura powierzchni globu także pozostanie niezmienna. W przypadku ujemnego bilansu energetycznego energia zgromadzona w systemie klimatycznym maleje, co prowadzi do obniżenia się średniej temperatury powierzchni Ziemi. Wreszcie, gdy bilans energetyczny jest dodatni, energia zakumulowana w systemie klimatycznym rośnie, co prowadzi do podwyższenia się średniej temperatury przy powierzchni planety (Kump et al. 2010; Kasting, 2012).

Temperatura efektywna Ziemi i efekt cieplarniany

Znając natężenie promieniowania pochłanianego przez ziemski system klimatyczny można obliczyć średnią temperaturę jaka powinna panować na powierzchni Ziemi, przy założeniu, że atmosfera ziemska nie utrudniałaby emisji promieniowania podczerwonego w przestrzeń kosmiczną (założenie to nie jest spełnione). Temperatura ta – równa tzw. temperaturze efektywnej Ziemi – powinna wynosić około 255 °K czyli -18°C (Kump et al. 2012)⁵.

³ Średnie natężenie padającego promieniowania słonecznego, mierzone nad powierzchnią atmosfery ziemskiej, wyraża stała słoneczna równa około $1366 \text{ [W/m}^2\text{]}$, natomiast proporcja promieniowania słonecznego ulegającego odbiciu to albedo. Uwzględniając wartość ziemskiego albedo, oraz kulistość Ziemi (powierzchnia kuli jest cztery razy większa od największego pola jej przekroju), można obliczyć średnie natężenie promieniowania słonecznego faktycznie absorbowanego przez system ziemski w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, które wynosi około $239 \text{ [W/m}^2\text{]}$ (Weiner, 1999).

⁴ Powierzchnia globu otrzymuje także energię z wnętrza Ziemi, przy tym stanowi ona niewielką część energii pochodzącej ze Słońca. Średnie natężenie strumienia energii z wnętrza Ziemi wynosi zaledwie około $80 \text{ [mW/m}^2\text{]}$. Energia z wnętrza Ziemi nie odgrywa istotnej roli w kształtowaniu klimatu w istotnej dla człowieka krótkiej skali czasowej (lata, setki czy tysiące lat), natomiast stanowi ważny czynnik wpływający na dynamikę zmian klimatycznych w skali milionów, dziesiątek milionów i setek milionów lat, ponieważ odpowiada za zmianę położenia kontynentów, czyli dryf kontynentalny (Kasting 2012).

⁵ Zgodnie z prawem Stefana-Boltzmann'a każde ciało doskonale czarne (ciało absorbujące wszelkie padające nań promieniowanie niezależnie od jego częstotliwości – Ziemia stanowi jedynie przybliżenie ciała doskonale czarnego) o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego, jest źródłem promieniowania, przy czym natężenie

W rzeczywistości średnia temperatura przy powierzchni Ziemi jest wyższa o około 33 °C i wynosi 15 °C. Zjawiskiem odpowiedzialnym za utrudnianie promieniowania podczerwonego w przestrzeń kosmiczną i w konsekwencji podwyższenie średniej temperatury przy powierzchni globu, jest efekt cieplarniany. Cząsteczki niektórych gazów obecnych w atmosferze ziemskiej pochłaniają promieniowanie podczerwone o określonych długościach fal; cząsteczki jednego rodzaju mogą mieć kilka maksimów absorpcyjnych dla różnych długości fal, natomiast różne cząsteczki posiadają charakterystyczne dla siebie ułożenie maksimów i minimów absorpcji. Pochłonięcie porcji promieniowania podczerwonego powoduje wzrost temperatury cząsteczek gazu. Ostatecznie cząsteczki gazu emitują energię pod postacią promieniowania podczerwonego ochładzając się. Emisja ta odbywa się we wszystkich kierunkach, część promieniowania podczerwonego dociera powtórnie do powierzchni Ziemi co prowadzi do podwyższenia jej temperatury. Ostatecznie kwanty promieniowania podczerwonego opuszczają Ziemię niemniej opóźnienie tego procesu przez cząsteczki tzw. gazów cieplarnianych przyczynia się do wzoru temperatury przy powierzchni planety (Kasting 2012). Do najważniejszych gazów cieplarnianych obecnych w atmosferze ziemskiej należą H₂O (60% efektu cieplarnianego), CO₂ (26% efektu cieplarnianego), O₃ (8% efektu cieplarnianego) oraz CH₄ + NO₂ + efekt łączny obu gazów – 6% efektu cieplarnianego (Kjehl & Trenberth, 1997)⁶.

Ramka 1. Zmiany ilości węgla w atmosferze a efekt cieplarniany

Biogeochemiczny cykl obiegu węgla to zespół procesów biologicznych i fizykochemicznych, dzięki którym zachodzi krążenie tego pierwiastka na powierzchni Ziemi, a także jego transport do i z wnętrza planety. Zasoby węgla są rozmieszczone w jego rezerwuarach (np. w ciałach organizmów żywych, w martwej materii organicznej, w atmosferze), pomiędzy którymi dochodzi do wymiany czyli przepływów tego pierwiastka (Weiner, 1999, Kump et al. 2010, Kasting, 2012). Procesy wymiany węgla między rezerwuarami mogą mieć zarówno charakter biologiczny jak i fizyko-chemiczny. Obecnie atmosferyczny węgiel (w postaci CO₂) stanowi rezerwar o zawartości około 760 mld ton. Przed rozpoczęciem rewolucji przemysłowej roczne przepływy węgla do atmosfery były niemalże równoważone przez odpływy, w rezultacie ilość węgla w atmosferze pozostawała w skali dziesięcioleci na zbliżonym poziomie około 590 mld ton. Sytuacja uległa zmianie wraz z intensywnym rozwojem przemysłu w połowie XIX wieku. Co prawda nadal największe przepływy węgla do i z atmosfery stanowią wynik procesów biologicznych (w procesie produkcji materii organicznej organizmy autotroficzne wiążą rocznie około 120 mld ton węgla z atmosfery, jednocześnie zbliżona ilość tego pierwiastka dostaje się do atmosfery w następstwie rozpadu materii organicznej czyli dekompozycji, przeprowadzanej przez wszystkie organizmy), jednak spalanie paliw kopalnych, produkcja cementu oraz wycinka lasów pod pola uprawne powodują dodatkową emisję około 9 mld ton węgla rocznie do atmosfery. Podwyższenie stężenia CO₂ w atmosferze nasila wychwyty tego gazu przez oceany (2 mld ton węgla rocznie), ponadto podwyższenie temperatury powierzchni lądów i wierzchniej warstwy oceanów skutkuje asymilacją dodatkowych 3 mld ton węgla w skali roku. W rezultacie ilość węgla w atmosferze zwiększa się obecnie o około 4 mld ton rocznie, przyczyniając się do nasilenia się efektu cieplarnianego (Kump et al. 2010).

promieniowania rośnie z czwartą potęgą temperatury i wynosi $\phi = \sigma T^4$, gdzie ϕ – natężenie promieniowania [W/m²], σ – stała Stefana-Boltzmana równa $5,67 \cdot 10^{-8}$ [Js⁻¹m⁻²K⁻⁴], a T- temperatura [K] (Kump et al. 2012).

⁶ Dane dla bezchmurnego nieba.

Ziemi system klimatyczny może osiągnąć stan równowagi (zerowy bilans energetyczny) także przy obecności gazów cieplarnianych w atmosferze. Wytrącenie systemu klimatycznego ze stanu równowagi – czyli wymuszenie radiacyjne – może nastąpić np. poprzez zmianę stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze, przy czym zmniejszenie ich stężenia będzie prowadzić do pojawienia się ujemnego bilansu energetycznego Ziemi i obniżenia średniej temperatury globu, natomiast przy podwyższeniu stężenia gazów cieplarnianych, bilans energetyczny Ziemi przyjmie wartość dodatnią, a średnia temperatura powierzchni Ziemi zacznie się podnosić. Zmiany średniej temperatury powierzchni Ziemi wywołane zmianami stężenia gazów cieplarnianych będą trwały aż do wykształcenia się nowego stanu równowagi (Ramka 1).

Analiza ziemskiego systemu klimatycznego według V Raportu IPCC

5 listopada 2014 ukazał się Raport Podsumowujący (Synthesis Report – SYR) wchodzący w skład Piątego Raportu IPCC (The Fifth Assessment Report – AR5), stanowiącego przegląd obecnego stanu wiedzy na temat zmian klimatu, i kładącego szczególny nacisk na wyniki badań, które ujrzały światło dzienne już po opublikowaniu Czwartego Raportu IPCC w 2007 roku. Raport nie pozostawia wątpliwości, że bilans energetyczny Ziemi jest dodatni co prowadzi do ocieplenia się klimatu; planeta otrzymuje więcej energii z promieniowania Słońca niż oddaje w przestrzeń kosmiczną w postaci promieniowania podczerwonego⁷. Przyczyną niezrównoważenia bilansu energetycznego jest nasilenie naturalnego efektu cieplarnianego będące pochodną wzmożonej emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. W porównaniu do 1750 roku stężenie atmosferyczne CO₂, CH₄ oraz N₂O wzrosło odpowiednio o 40%, 150% i 20%. Warto podkreślić, że dane o aktywności Słońca a także aktywności wulkanów z okresu od rozpoczęcia rewolucji przemysłowej do chwili obecnej nie mogą wytłumaczyć zmian ziemskiego bilansu energetycznego; udział czynników o charakterze naturalnym w dynamice zmian klimatu ziemskiego od 1750 roku wydaje się być marginalny. Zwiększenie efektu cieplarnianego prowadzi do gromadzenia się energii w ziemskim systemie klimatycznym, co – jak można oczekiwać – powinno prowadzić do podwyższenia się temperatury powietrza przy powierzchni globu oraz temperatury powierzchniowych wód oceanów. Zgodnie z tymi oczekiwaniami średnia temperatura powietrza przy powierzchni globu (łądy i oceany) wzrosła w okresie między rokiem 1880 a 2012 o 0,85 °C [0,63 – 1,06] °C⁸, ponadto powierzchniowa warstwa oceanów (0 – 75 m) ocieplała się w latach 1971 – 2010 w tempie 0,11 °C [0,09 – 0,13] °C na dekadę. Podwyższeniu się temperatury przy powierzchni globu towarzyszyły zmiany w rozkładzie opadów; od 1901 roku prawdopodobnie wzrosła średnia roczna ilość opadów na obszarach lądowych półkuli

⁷ Wpływ dowolnego czynnika mającego wpływ na bilans energetyczny systemu klimatycznego (np. stężenia CO₂) można wyrazić w watach na metr kwadratowy [W/m²]. Całkowite wymuszenie radiacyjne związane z wpływami antropogenicznymi w okresie od 1750 do 2011 szacuje się na 2,3 [1,1 – 3,3] W/m², przy czym czynnikiem, który w największym stopniu odpowiada za wzrost wartości wymuszenia radiacyjnego jest wzrost stężenia atmosferycznego CO₂. Warto zauważyć, że wartość wymuszenia radiacyjnego wzrastała szybciej w latach 1975 – 2011, niż w poprzednich dekadach.

⁸ Jeśli nie zaznaczono inaczej, wszelkie wartości w nawiasach podano dla przedziału ufności na poziomie 0,90.

północnej położonych na średnich szerokościach geograficznych, natomiast średnia roczna ilość opadów mierzona w analogicznym okresie dla innych obszarów wykazuje trendy wzrostowe lub malejące. Nasilenie się efektu cieplarnianego, oprócz bezpośredniego wpływu na temperaturę powietrza przy powierzchni globu i temperaturę powierzchniowej warstwy wód oceanów, uruchomiło szereg dalszych procesów w systemie ziemskim. Następstwem podwyższenia się stężenia CO₂ w atmosferze jest zwiększony wychwyty tego gazu przez oceany i w konsekwencji wzrastające zakwaszenie ich wód⁹. Obserwacje poczynione w okresie dwóch ostatnich dekad potwierdzają z dużą dozą prawdopodobieństwa zjawiska utraty masy przez lądolody Grenlandii i Antarktydy. Ponadto powszechnie obserwuje się zmniejszanie się objętości mniejszych lodowców kontynentalnych. Średni zasięg lodu pływającego w Arktyce zmniejszał się w latach 1979–2012 o 3,4% – 4,1% na dekadę. Jednocześnie średni zasięg lodu pływającego w Antarktyce ulegał zwiększeniu się w latach 1971–2012 w tempie 1,2% – 1,8% na dekadę¹⁰. Topnienie lądolodów Grenlandii i Antarktydy, lodowców kontynentalnych oraz wzrost objętości ocieplających się wód oceanów spowodował wzrost średniego poziomu wód oceanów szacowany na 0,19 m [0,17 – 0,21] m w okresie 1901 – 2010. Średnie tempo wzrostu poziomu wód oceanów było wyższe w latach 1993–2012 w porównaniu do okresu 1901 – 2010 (IPCC, 2014).

Zmiany wartości opadów oraz obecność wody pochodzącej z topniejących lodowców wpływają na dostępność i jakość wody w wielu rejonach globu. Modyfikacjom ulegają także warunki prowadzenia upraw roślin, co prowadzi częściej do obniżenia plonów niż do ich podwyższenia. Ponadto obserwuje się zmiany w funkcjonowaniu ekosystemów lądowych, słodkowodnych i morskich; zmiany zasięgu gatunków, ich liczebności, interakcji z innymi gatunkami czy sposobów migracji. Duży stopień wrażliwości społeczności na zmiany klimatyczne nie wynika tylko z charakteru i nasilenia tych zmian, ale także z czynników związanych z rozwojem ekonomicznym i demograficznym. Z reguły społeczności i jednostki uboższe, mające ograniczony dostęp do nowoczesnych technologii są bardziej narażone na zagrożenia wywołane zmianami klimatu. Począwszy od połowy ubiegłego stulecia można zaobserwować zmiany we wzorcach występowania gwałtownych zjawisk klimatycznych. Niektóre z tych zjawisk, takie jak zmiany częstości występowania fal chłódów i upałów, czy wyjątkowo wysokich stanów wód mórz i oceanów, przypisuje się zmianom klimatycznym wywołanym działalnością człowieka. Z kolei przyczyny zmian w występowaniu susz i powodzi oraz cyklonów tropikalnych nie są dobrze poznane. Podsumowując można stwierdzić, że obserwowane w ostatnich dziesięcioleciach zmiany klimatyczne wywarły wpływ zarówno na populację ludzką oraz ekosystemy naturalne. Oddziaływania te – niezależnie od przyczyny wywołującej zmiany klimatu – wskazują na znaczną wrażliwość

⁹ Podczas reakcji dwutlenku węgla z wodą powstaje jon wodorowy oraz jon wodorowęglanowy zgodnie z reakcją: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$.

¹⁰ Dane klimatyczne wskazują jednoznacznie na wzrost temperatury powietrza przy powierzchni globu w okresie od rozpoczęcia ery przemysłowej do chwili obecnej, jednak nie oznacza to, że ocieplenie zachodzi z jednakową intensywnością we wszystkich rejonach globu. I tak procesy wzrostu temperatury w Antarktyce nie są dobrze udokumentowane.

zarówno cywilizacji technicznej jak i ekosystemów naturalnych na zmiany klimatyczne. Postępujące zmiany klimatu zmuszają społeczności do wprowadzania działań mających na celu zmniejszenie stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze oraz adaptację do nowych warunków życia (IPCC, 2014).

Prognozy zmian klimatu w XXI wieku i ich konsekwencje dla biosfery i ludzkości w ocenie V Raportu IPCC

Narzędziem służącym do prognozowania zmian klimatu są modele klimatyczne, czyli matematyczne reprezentacje procesów zachodzących w ziemskim systemie klimatycznym, mających wpływ na takie aspekty klimatu (lub zjawisk z klimatem związanych) jak temperatura atmosfery i wód oceanów, wielkość i rozmieszczenie opadów, siła i kierunek wiatrów, stopień zachmurzenia, wielkość pokrywy lodowej mórz i oceanów oraz poziom wód oceanów.¹¹ W ramach Piątego raportu IPCC zaproponowano cztery scenariusze rozwoju wypadków w XXI wieku; RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 oraz RCP 8,5.¹² Prognozy modeli klimatycznych w oparciu o scenariusze RCP przewidują, że kontynuacja emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w obecnym stuleciu będzie prowadzić do nasilenia się zmian głównych elementów systemu klimatycznego, co może wiązać się z wystąpieniem poważnych zagrożeń zarówno dla człowieka jak i ekosystemów naturalnych. Skala tych zagrożeń zależy od wielkości i charakteru zmian klimatu. Czynnikiem w największym stopniu decydującym o wzroście temperatury powietrza przy powierzchni globu pod koniec XXI wieku i później jest łączna (skumulowana) emisja CO₂. Wzrost stężenia CO₂ w atmosferze będzie wpływać na temperaturę powierzchni globu w ciągu najbliższych kilkuset lat (IPCC, 2014).

Modele oparte o scenariusze RCP przewidują wzrost temperatury powietrza przy powierzchni globu oraz wzrost częstości występowania upałów i intensywnych opadów. Zakwaszenia wód oceanów będzie się pogłębiać, a ich poziom będzie się podnosił. Wzrost średniej temperatury przy powierzchni globu dla okresu 2081-2100, w porównaniu z okresem 1850-1900, najprawdopodobniej przekroczy 2 °C (RCP 6,0 i RCP 8,5), lub najprawdopodobniej nie przekroczy 2 °C (RCP 2,6).¹³ Ocieplenie Arktyki będzie postępować szybciej niż ocieplenie całego globu, podobnie obszary lądowe będą się ocieplać szybciej niż obszary oceanów. Zmieni się wzorzec występowania opadów. Opady prawdopodobnie wzrosną na wysokich szerokościach geograficznych, jednocześnie zmaleją na średnich szerokościach geograficznych i w suchych rejonach subtropikalnych (RCP 8,5). Równocześnie zwiększy się

¹¹ Prognozy zmian klimatu w Piątym Raporcie IPCC dotyczą (o ile nie jest napisane inaczej) okresu 2081 – 2100 w porównaniu do okresu bazowego 1986 – 2009.

¹² Scenariusze RCP (*Representative Concentration Pathways*) opisują politykę klimatyczną w obecnym stuleciu; RCP 2,6 przewiduje wprowadzenie rygorystycznych działań dla zapobieżenia zmianom klimatu, natomiast RCP 8,5 brak ograniczeń emisji gazów cieplarnianych. RCP 4,5 oraz RCP 6,0 to scenariusze pośrednie. Wartości liczbowe pojawiające się w nazwie scenariusza informują o wartości wymuszenia radiacyjnego [W/m²] przewidywanego dla okresu 2081 – 2100 w porównaniu do roku 1750.

¹³ Warto zwrócić uwagę, że dla początku XXI wieku wszystkie scenariusze RCP przewidują podobny wzrost średniej temperatury powietrza (0,3 – 0,7 °C) dla okresu 2016 – 2035 względem okresu 1985 – 2005.

obszar objęty oddziaływaniem monsunów, pogłębi się także zmienność opadów wywołana zachodzeniem zjawisk Oscylacji Południowej (RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 oraz RCP 8,5). Średni poziom wód oceanów będzie wzrastać, a tempo jego wzrostu, według wszystkich scenariuszy RCP, przekroczy wartość 2,0 [1,7 – 2,3] mm/rok charakterystyczną dla okresu 1971 – 2010. Równocześnie będzie się zmniejszał średni zasięg lodu pływającego w Arktyce. Jeszcze przed końcem pierwszej połowy XXI wieku lód pływający może przestać występować w Arktyce przez cały rok – RCP 8,5(IPCC, 2014).

Postępujące zmiany klimatu zwiększą ryzyko wymarcia wielu gatunków lądowych, słodkowodnych i morskich. Szczególnie zagrożone są ekosystemy polarne oraz ekosystemy raf koralowych. Zmiany w ekosystemach morskich mogą wpłynąć ujemnie na produktywność łowisk. Zmiany klimatu w XXI wieku mogą zmniejszyć zasoby odnawialnych wód powierzchniowych w większości suchych obszarów subtropikalnych. Wraz z postępującym ociepleniem będzie wzrastać proporcja populacji ludzkiej narażona na niedobory wody i okresowe powodzie. Zmiany klimatyczne mogą wpłynąć ujemnie na wszystkie etapy globalnej produkcji żywności. Na obszarach zurbanizowanych wystąpią zagrożenia dla ludności, majątku trwałego i gospodarki wywołane przez fale upałów, powodzie, podnoszenie się poziomu wód przybrzeżnych, osuwiska, zanieczyszczenie powietrza oraz niedobory wody. Zagrożenie nie ominą też obszarów wiejskich gdzie dadzą się we znaki niedobory wody, a opłacalność produkcji rolniczej może się znacznie zmniejszyć. Zagrożenia wywołane zmianami klimatycznymi dotkną przede wszystkim społeczności ubogie i niezbyt zamożne – te ostatnie mogą zostać z powrotem wepchnięte do strefy ubóstwa. Pogorszenie się warunków życia może prowadzić do nasilenia się migracji ludności i wystąpienia konfliktów regionalnych (IPCC, 2014).

Bezwładność wielu elementów systemu klimatycznego sprawia, że zmiany w nim zachodzące będą się utrzymywać przez długi okres czasu (rzędu stuleci lub tysiącleci) także po zaprzestaniu wprowadzania dodatkowych ilości CO₂ do atmosfery. Podwyższone stężenie CO₂ będzie się utrzymywać przez wiele stuleci (tysiącleci) ponieważ mechanizmy regulujące ilość tego gazu w atmosferze działają z ludzkiego punktu widzenia niesłychanie powoli (Kasting, 2012). Stopniowe pochłanianie CO₂ przez wody oceanu będzie prowadzić do dalszego ich zakwaszenia, jednocześnie procesy topnienia lądolodów i lodowców kontynentalnych będą postępować, a średni poziom wód oceanu będzie się podwyższał. Nie wiadomo jakie skutki dla systemu klimatycznego może mieć zniknięcie trwałej pokrywy lodowej w Arktyce. Być może – działając na zasadzie jęczyczka u wagi – spowoduje ono dalszą gwałtowną utratę pokrywy lodowej, co w sposób nieunikniony będzie prowadzić do podwyższenia się temperatury i stopienia się lądolodu Grenlandii, czego następstwem będzie podwyższenie się poziomu oceanów o około 7 metrów. Skutki takiego zmian w systemie ziemskim byłyby dla człowieka trudne do wyobrażenia (IPCC, 2014).¹⁴

¹⁴ Obecne oszacowania wskazują, że wielkość ocieplenia, mierzona względem okresu sprzed rewolucji przemysłowej, niezbędna do zainicjowania procesu całkowitego stopienia lądolodu Grenlandii, jest nie mniejsza niż 1 °C i nie większa niż 4 °C (IPCC, 2014).

W tym miejscu warto zauważyć, że potrzeba wprowadzenia głębokich przeobrażeń w światowym systemie produkcji i dystrybucji energii nie wynika jedynie z przesłanek klimatycznych. Oparcie energetyki o nieodnawialne paliwa kopalne, których zasoby są ograniczone, przy nieustannie wzrastającym zapotrzebowaniu na energię, grozi w najlepszym wypadku zahamowaniem rozwoju gospodarczego (Popkiewicz, 2012). Ponadto spalanie paliw kopalnych wiąże się z emisją do atmosfery NO_x, SO₂, lotnych związków organicznych i metali ciężkich.

Zarys polityki klimatycznej Unii Europejskiej w świetle ustaleń V Raportu IPCC na temat środków zaradczych wobec zmian klimatu

Zagrożenia dla człowieka i ekosystemów naturalnych wynikające z zachodzących i prognozowanych zmian klimatu stanowią podstawę do wszczęcia działań zaradczych określanych mianem polityki klimatycznej. Podstawę tej polityki stanowią starania o zapobieganie zmianom klimatu i przystosowanie społeczeństw do funkcjonowania w nowych warunkach klimatycznych. Łagodzenie zmian klimatu wiąże się ze zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych do atmosfery i jednoczesnym zwiększeniem tempa usuwania tych gazów z atmosfery (np. poprzez zalesianie nowych obszarów). Z kolei przystosowanie do zmian klimatu ma na celu ograniczenie lub redukcję zagrożeń wynikających z zachodzących lub prognozowanych zmian klimatu.

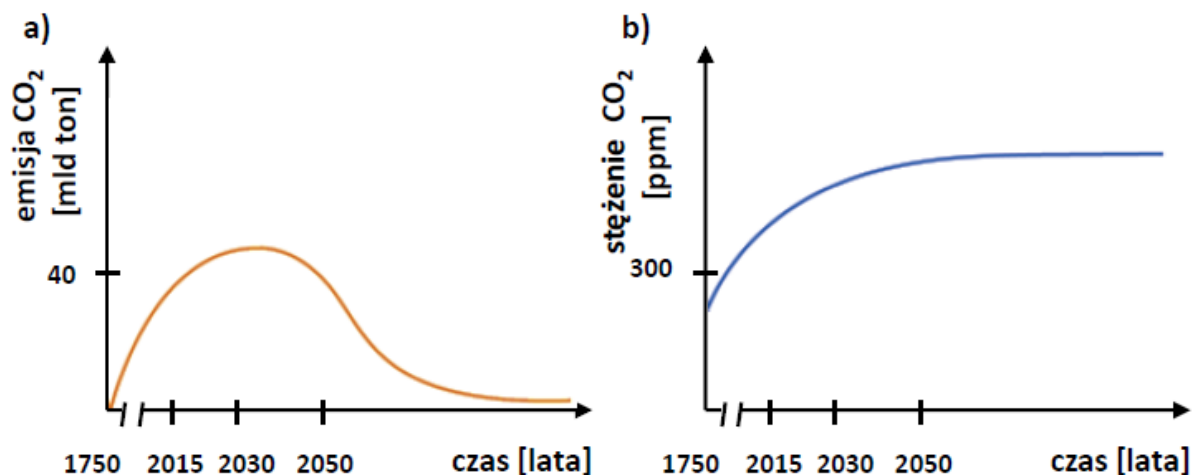
Kraje Unii Europejskiej należą do państw prowadzących najbardziej restrykcyjną politykę klimatyczną. Decyzją Rady Europejskiej z października 2009 przyjęto program „Roadmap 2050” zmierzający do zmniejszeniu emisji CO₂ przez gospodarkę europejską do roku 2050 o 80-95%, w stosunku do roku 1995. Program „Roadmap 2050” ma zapewnić państwom Unii Europejskiej bezpieczeństwo energetyczne przy zachowaniu zasady zrównoważonego rozwoju i konkurencyjności gospodarki europejskiej. Jest on istotnym elementem kontynuacji i rozwoju polityki klimatycznej Unii Europejskiej.¹⁵ Zgodnie z założeniami programu, kraje członkowskie czekają istotne i kosztowne zmiany przede wszystkim w dziedzinie energetyki, transportu i budownictwa, ale także prawodawstwa i sposobów wzajemnej współpracy. Zmiany obejmą praktycznie wszystkie dziedziny życia i będą mocno odczuwalne także się przeciętnego obywatela.

Należy jednak z całą mocą podkreślić, że konieczność głębokich przemian strukturalnych, głównie w sektorze energetycznym, wynika także z przesłanek nie związanych z polityką klimatyczną takich jak znaczna zależność od dostawców paliw kopalnych spoza UE, niepewność co do możliwości zaspokajania rosnącego zapotrzebowania na te paliwa w przyszłości, a także potrzeba wymiany starzejącej się infrastruktury energetycznej. Sprawą najwyższej wagi jest jak najszybsze wdrażanie działań mających na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (IPCC, 2014). Odłożenie tych działań na bliżej nieokreśloną przyszłość

¹⁵ Decyzją Rady Europejskiej z 8 i 9 marca 2007, do roku 2020 zakłada się zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych przez kraje członkowskie o 20% w stosunku do roku 1990.

spowoduje gwałtowny wzrost kosztów, które trzeba będzie ponieść aby zrekompenzować obecność w atmosferze dodatkowych ilości CO₂ (Ramka 2)¹⁶.

Ramka 2. Wpływ emisji dwutlenku węgla na jego stężenie w atmosferze



(a) Od początku ery przemysłowej, efektem ubocznym działalności gospodarczej, jest stale rosnąca emisja CO₂, (b) prowadząca do zwiększania się stężenia tego gazu w atmosferze (za CCSP, 2009 - zmienione).

Zwiększenie stężenia CO₂ w atmosferze powoduje nasilenie efektu cieplarnianego i uwięzienie w systemie ziemskim dodatkowych ilości ciepła, co przyczynia się do wzrostu temperatur na powierzchni globu (Kump et al. 2009). Chcąc zahamować wzrost stężenia CO₂ w atmosferze trzeba zdecydowanie ograniczyć jego emisję; przynajmniej o 70% – 90%. Dlaczego tak się dzieje? Otóż cząsteczki CO₂ pozostają w atmosferze średnio przez ponad 100 lat i przez cały ten czas utrudniają emisję promieniowania podczerwonego Ziemi w przestrzeń kosmiczną. Tak więc efekt cieplarniany obserwowany obecnie zależy przede wszystkim od łącznej wartości emisji CO₂ do atmosfery w ciągu z górą ostatniego stulecia. Podobnie CO₂ wprowadzany obecnie do atmosfery będzie wzmacniał efekt cieplarniany w ciągu najbliższego stulecia. Dlatego tak ważne jest, aby jak najszybciej przystąpić do zdecydowanych kroków mających na celu redukcję emisji tego gazu cieplarnianego. Opóźnienie we wdrażaniu polityki klimatycznej może się okazać bardzo kosztowne. Oczywiście tak znaczna redukcja emisji CO₂ nie jest możliwa bez radykalnych zmian sposobów produkcji i wykorzystania energii (European Commission, 2011; IPCC, 2014). Pekinśka deklaracja amerykańska-chińska o ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych w horyzoncie 2030 roku stwarza nadzieje na odwrócenie wzrostowego trendu emisji CO₂ do atmosfery. Byłoby to wydarzenie bez precedensu w historii świata, którego dotychczasowy rozwój gospodarczy okupiony był emisją stale zwiększających się ilości gazów cieplarnianych do atmosfery. Perspektywa ograniczenia emisji gazów cieplarnianych przez Chiny i USA zwiększa szansę realizacji programu Roadmap 2050 Unii Europejskiej, zapowiadającego redukcję emisji CO₂ o 80 do 95% do roku 2050.

Z obecnej perspektywy nie da się dokładnie przewidzieć rozwoju sytuacji politycznej i postępu naukowo-technicznego aż do roku 2050,¹⁷ dlatego w ramach projektu „Roadmap

¹⁶ W skali globalnej, rezygnacja z wydatkowania jednego USD w sektorze energetyki do roku 2020, skutkuje koniecznością wydatkowania 4,3 USD po 2020 roku w celu zrekompenzowania dodatkowych emisji gazów cieplarnianych (IEA, 2011).

2050” analizowano szereg scenariuszy przebiegu wydarzeń począwszy od scenariusza odniesienia zakładającego utrzymanie polityki klimatycznej UE z 2010 roku i prognozowanych wartości wzrostu PKB krajów członkowskich, aż po różnorodne scenariusze redukcji emisji gazów cieplarnianych o 80-95% do 2050 roku w stosunku do roku 1995.¹⁸ Osiągnięcie ambitnych celów polityki klimatycznej w 2050 roku nie będzie możliwe bez znacznego wzrostu efektywności energetycznej rozumianej jako ilość jednostek PKB wytworzonych z jednostki energii pierwotnej. Wzrost efektywności energetycznej ma być możliwy dzięki budowie budynków nie zużywających energii (budynki zero energetyczne), powszechnemu wykorzystaniu ciepła powstającego przy produkcji energii elektrycznej do ogrzewania mieszkań, powszechnemu obiegowi surowców w gospodarce, produkcji wyrobów o długim okresie użytkowania, oraz zmianie nawyków komunikacyjnych obywateli.

Wzrost efektywności energetycznej doprowadzi do sytuacji, w której wzrost gospodarczy będzie się odbywał bez wzrostu zapotrzebowania na energię pierwotną. W rezultacie w 2050 roku całkowite zapotrzebowanie na energię krajów UE ma zostać obniżone o 32%-41% w stosunku do 2005 roku. Wszystkie scenariusze dekarbonizacji przewidują znaczny wzrost znaczenia OZE wśród źródeł energii pierwotnej, które zajmą w połowie XXI wieku główne miejsce w koszyku energetycznym krajów UE. Wzrostowi znaczenia OZE będzie towarzyszyć zmniejszenie znaczenia ropy naftowej i paliw stałych (węgiel kamienny i brunatny). Powszechne zastosowanie OZE nie będzie możliwe bez obniżenia kosztów wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych, co umożliwi rezygnację z subsydiów i swobodne konkurowanie OZE na rynku energii.

Problemem pozostaje nieciągły sposób wytwarzanie energii w takich systemach odnawialnych jak energia wiatru i energia słoneczna. Podstawowe znaczenie dla zmniejszenia tej niedogodności ma rozwój sieci przesyłowych (zwłaszcza połączenie północnego Atlantyku i rejonu Morza Śródziemnego z resztą kontynentu)¹⁹, a także doskonalenie metod magazynowania energii elektrycznej. Wzrostowi znaczenia OZE w koszyku energetycznym

¹⁷ Niepewność dotyczy min. tempa wzrostu gospodarczego krajów UE, zakresu polityki klimatycznej państw spoza UE, dostępności i kształtowania się cen nośników energii, rozwoju technologicznego (np. możliwości powszechnego zastosowania techniki wychwytywania i magazynowania CO₂ - CCS) a także społecznego odbioru programu dekarbonizacji gospodarki (European Commission, 2011).

¹⁸ Realizacja scenariusza odniesienia nie pozwala na osiągnięcie planów redukcji emisji CO₂ założonych w programie „Roadmap 2050”. We wszystkich scenariuszach dekarbonizacji główną rolę w produkcji energii pierwotnej w roku 2050 odgrywają odnawialne źródła energii (OZE). Program „Roadmap 2050” wyróżnia następujące scenariusze odwęglania gospodarki ; scenariusz wysokiej efektywności energetycznej, scenariusz dywersyfikacji źródeł energii, scenariusz odnawialnych źródeł energii, scenariusz opóźnionego zastosowania technologii CCS oraz scenariusz niewielkiego udziału energii jądrowej w koszyku energetycznym (European Commission, 2011).

¹⁹ Rozwój sieci przesyłowych jako sposób na dolegliwości związane z losowym charakterem produkcji energii elektrycznej w źródłach OZE jest bardzo kontrowersyjny i należy przyjąć, że w kolejnych latach będzie przedmiotem surowej weryfikacji.

pierwotnych źródeł energii będzie towarzyszyć wzrost liczby instalacji wytwórczych i w rezultacie nasilająca się decentralizacja systemu elektroenergetycznego. Wśród źródeł energii pierwotnej szczególną rolę w procesie przekształcania gospodarki z wysokowęglowej na niskowęglową ma odgrywać gaz ziemny, w tym gaz łupkowy (gazowe technologie kogeneracyjne oraz bloki gazowo-parowe). Istotne znaczenie dla kształtowania się roli gazu jako źródła energii może mieć rozwój technologii CCS; jej powszechne wykorzystanie pozwoli korzystać z gazu ziemnego przy niewielkim wzroście emisji gazów cieplarnianych, natomiast wszelkie opóźnienia we wprowadzeniu technologii CCS mogą sprowadzić rolę gazu do zapasowego źródła energii dla systemów OZE. Procesy odwęglania gospodarki doprowadzą do wzrostu znaczenia energii elektrycznej na rynku energii finalnej; udział energii elektrycznej wzrośnie z 20% do około 40% w 2050 roku, co będzie się wiązało głównie z odwęglaniem sektorów transportu oraz ogrzewania i chłodzenia mieszkań (European Commission, 2011).

Wdrażanie programu „Roadmap 2050” będzie podlegać stałej kontroli Komisji Europejskiej oraz państw członkowskich UE, a sam program ma być na bieżąco modyfikowany. Wdrażanie programu ma odbywać się w oparciu o realizację węzłowych celów pośrednich, wśród których istotną rolę odgrywają cele polityki klimatycznej sformułowane przez Radę Europejską w dniach 23 i 24 października 2014 jako Ramy Polityki Energetyczno-Klimatycznej do roku 2030 (Rada Europejska, 2014). Zgodnie z tym dokumentem przyjęto zobowiązanie do redukcji emisji gazów cieplarnianych o 40% w stosunku do roku 1990, wzrostu udziału OZE w koszyku energii pierwotnej do co najmniej 27% oraz wzrostu efektywności energetycznej o co najmniej 27%. Ciężar realizacji tych zadań rozłożono na państwa członkowskie biorąc pod uwagę ich zasobność. I tak państwa, w których PKB na mieszkańca nie przekracza 60% średniej unijnej (w tym Polska) uzyskały możliwość przekazywania sektorowi energetycznemu darmowych uprawnień do emisji CO₂ (European Commission, 2011).

Realizacja ambitnych celów programu „Roadmap 2050” nie będzie możliwa bez daleko posuniętej integracji społeczeństw i współpracy państw członkowskich UE. Rozwój energetyki odnawialnej przy jednoczesnym zachowaniu – szczególnie początkowo – wielu instalacji wytwórczych dużej mocy opartych o paliwa kopalne, będzie wymagał stworzenia systemu energetycznego złożonego z licznych instalacji wytwórczych o bardzo zróżnicowanej mocy. Ponadto rozległe inwestycje w rozwój sieci przesyłowych – niezbędnych dla zapobieżenia nieciągłościom produkcji energii przez OZE, będą wymagały współdziałania wielu państw członkowskich. Wreszcie, redukcja śladu węglowego gospodarki europejskiej nie może się odbywać w politycznej i gospodarczej próżni, lecz we współpracy z takimi partnerami jak Norwegia, Ukraina, Federacja Rosyjska, kraje Maghrebu i Zatoki Perskiej (European Commission, 2011).

Światowa polityka klimatyczna z perspektywy V Raportu IPCC

V Raport IPCC nie pozostawia wątpliwości, że prowadzenie skutecznej polityki wobec zagrożeń jakie niosą ze sobą zmiany klimatu wymaga współdziałania społeczności także na

poziomie międzynarodowym; gazy cieplarniane rozchodzą się swobodnie w atmosferze, w tej sytuacji ograniczanie emisji gazów cieplarnianych przez pewne państwa przy jednoczesnym braku podobnych działań ze strony państw pozostałych, przynosi bardzo ograniczone rezultaty (IPCC, 2014). Trudno nie zgodzić się z tak sformułowanym stwierdzeniem, warto jednak zauważyć, że porozumienie społeczności międzynarodowej w sprawie ogólnoświatowej polityki wobec zmian klimatu jest zadaniem obliczonym na wiele dziesięcioleci i bynajmniej wcale nie doprowadzonym do końca. Podstawowym problem polityki klimatycznej w okresie jej formowania się było uznanie przez elity polityczne problematyki zmian klimatu za zagadnienie o istotnym znaczeniu (Yergin, 2013). Pierwsza Światowa Konferencja Klimatyczna zorganizowana w 1979 roku w Genewie, miała jeszcze charakter przede wszystkim naukowy.²⁰ Zasadnicze zmiany w sposobie myślenia o klimacie nastąpiły w latach 80 – tych ubiegłego stulecia. W 1985 roku podczas Konwencji Wiedeńskiej osiągnięto porozumienie w sprawie redukcji emisji freonów odpowiedzialnych za niszczenie warstwy ozonowej.²¹ W 1988 roku agendy Narodów Zjednoczonych powołały Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu, który w dwa lata później wydał Pierwszy Raport IPCC. W dokumencie tym stwierdza się, że działalność człowieka przyczynia się do zwiększenia stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze, co nasila efekt cieplarniany i przyczyni się – jeśli emisje będą kontynuowane – do wzrostu temperatury powietrza przy powierzchni globu. W ocenie autorów raportu średnia temperatura powierzchni globu zwiększyła się o 0,3 °C – 0,6 °C w ciągu 100 lat poprzedzających jego publikację. Kontynuacja działalności gospodarczej bez zważania na skutki środowiskowe (Scenariusz A) będzie prowadzić do podwyższenia średniej temperatury przy powierzchni globu o 3°C oraz podwyższenia średniego poziomu wód oceanów o 0,65 m do końca XXI w. (IPCC, 1990)²². I Raport IPCC posłużył za podstawę dla Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, zorganizowanej w 1992 roku w Rio de Janeiro. Konwencja była porozumieniem przełomowym – co prawda nie wyznaczała prawnie obowiązujących ograniczeń emisji gazów cieplarnianych – ale zogniskowała opinię światową wokół problematyki antropogenicznych zmian klimatu i zapoczątkowała trwające do dziś działania określane mianem polityki klimatycznej (Yergin, 2013). Wiążące ograniczenia emisji CO₂ znalazły się dopiero w protokołach do tej konwencji, a przede wszystkim w Protokole z Kioto z 1997 roku. Przygotowania do podpisania tego protokołu, a także same obrady w Kioto,

²⁰ Naukowcy zajmujący się dynamiką zmian klimatu odegrali pierwszorzędną rolę w przybliżaniu opinii publicznej potencjalnej roli człowieka w kształtowaniu zjawisk zachodzących w atmosferze ziemskiej (Yergin, 2013). Jednocześnie kilka ostatnich dekad przyniosło znaczny postęp nauki w rozumieniu antropogenicznych oddziaływań na klimat w skali globalnej (IPCC, 2014).

²¹ Podpisany dwa lata później Protokół Montrealski określił - wiążące dla państw sygnatariuszy – ograniczenia emisji freonów. Kolejne uzupełnienia Protokołu Montrealskiego (ostatnie w Montrealu z 2007 roku) zaostriżyły limity emisji freonów. Przewiduje się, że warstwa ozonowa powróci do stanu z 1980 roku w trzecim ćwierćwieczu XXI w.

²² Prognozy zmian klimatu w ramach I Raportu IPCC obejmowały cztery scenariusze, poczynając od Scenariusza A, a kończąc na Scenariuszu D zakładającym najbardziej restrykcyjną politykę klimatyczną (IPCC, 1990).

ujawniły głębokie podziały między państwami – stronami porozumienia. Państwa rozwijające się nie chciały się zgodzić na przyjęcie obowiązkowych ograniczeń emisji CO₂, argumentując, że to państwa bogatej północy są odpowiedzialne za większość emisji gazów cieplarnianych, dzięki którym bogaciły się i uzyskały swój dominujący status. Ponadto kongres USA uznał, że jednostronne ograniczanie emisji (bez udziału państw rozwijających się, a zwłaszcza Chin) nie leży w interesie amerykańskim (Byrd & Hagel, 1997).²³ W rezultacie część państw sygnatariuszy zobowiązała się ograniczyć emisje gazów cieplarnianych (redukcja emisji o co najmniej 5% do 2012 roku w stosunku do roku 1990), przy czym kraje rozwijające się – w tym Chiny – wyłączono z tego zobowiązania. Stany Zjednoczone co prawda zobowiązały się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, lecz administracja Clintona nigdy nie podjęła próby ratyfikacji Protokołu z Kioto w kongresie. Sam protokół wszedł w życie w 2005 roku po ratyfikowaniu go przez Rosję (Yergin, 2013).²⁴ Skuteczność takiego porozumienia była jednak mocno ograniczona ponieważ dwa państwa emitujące do atmosfery największe ilości gazów cieplarnianych – USA oraz Chiny – nie zobowiązały się do ograniczenia emisji.²⁵ W tej sytuacji na czoło państw prowadzących aktywną politykę klimatyczną zaczęły wysuwać się kraje UE, które wprowadzały w życie coraz bardziej dalekosiężne cele redukcji emisji gazów cieplarnianych. Ukoronowaniem tych wysiłków jest program „Roadmap 2050” przewidujący prawie całkowite wyeliminowanie emisji CO₂ do połowy bieżącego stulecia, na drodze głębokich przeobrażeń gospodarki, w tym sektora energetycznego (European Commission, 2011).

Porozumienie amerykańsko-chińskie szansą na nowe otwarcie w światowej polityce klimatycznej

Dalszy postęp na drodze ku stworzeniu ogólnoświatowej polityki klimatycznej zależał w dużej mierze od zbliżenia stanowisk USA i Chin w sprawie redukcji emisji gazów cieplarnianych. W pierwszej dekadzie XXI w USA narastało przeświadczenie o konieczności podjęcia zdecydowanych działań na rzecz zapobieżenia zmianom klimatu. Stany Zjednoczone przeznaczają więcej środków na badania klimatu i wdrażanie technologii odnawialnych źródeł energii, niż jakiegokolwiek inne państwo poza Chinami. Ponadto wiele amerykańskich stanów wprowadziło, lub rozważa wprowadzenie programów ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (RGGI, 2014). Wreszcie, za administracji Obamy, globalne problemy klimatyczne urosły do rangi jednego z przewodnich zagadnień politycznych

²³ Na kilka miesięcy przed podpisaniem Protokołu z Kioto, amerykański senat uchwalił rezolucję Byrd-Hagela, głoszącą, że postanowienia porozumienia klimatyczne w Kioto nie mogą wpływać ujemnie na konkurencyjność gospodarki USA.

²⁴ Wejście protokołu w życie było obwarowane dwoma warunkami; musiał on być ratyfikowany przez przynajmniej 55 państw odpowiedzialnych za przynajmniej 55% światowej emisji CO₂.

²⁵ Chiny oraz USA odpowiadały w 2010 roku za około 38 % światowej emisji gazów cieplarnianych, bez uwzględnienia emisji związanych ze zmianą sposobu użytkowania ziemi i wylesianiem (PBL, 2013).

(Broder, 2009).²⁶ Również strona chińska zdaje się przykładać coraz to większą wagę do problematyki przeciwdziałania zmianom klimatu i ochrony środowiska naturalnego (Andrews-Speed et al. 2014).²⁷ Według oceny Lawrence Berkeley National Laboratory, emisje CO₂ w Chinach będą wzrastać do roku 2030 (Zhou et al. 2011). W warunkach rosnącej konwergencji stanowisk USA i Chin w sprawie polityki wobec zmian klimatu, wizja podpisania porozumienia klimatycznego przez te dwa państwa stawała się coraz bardziej realna. Ogłoszona w listopadzie 2014 pekińska deklarację amerykańsko-chińska, w której oba państwa zobowiązały się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, może stanowić przełom w światowej polityce klimatycznej. Zgodnie z postanowieniami deklaracji USA zobowiązały się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 26% do 28% do roku 2025 (w porównaniu do roku 2005), natomiast Chiny podjęły zobowiązanie o niezwiększaniu emisji gazów cieplarnianych po roku 2030. Chiny po raz pierwszy w historii zobowiązały się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Uważa się, że dwustronna umowa klimatyczna między USA i Chinami to jedno z ważniejszych porozumień w dziejach światowej polityki klimatycznej. Może ono dać nowy impuls do podpisania w przyszłym roku w Paryżu, pierwszego historycznego porozumienia klimatycznego przez wszystkie kraje świata (IISD, 2014; Kerry, 2014). Obecnie w Limie trwają prace nad konstrukcją takiego porozumienia. Jego znaczenie – jeśli podpisanie dokumentu dojdzie do skutku – ogranicza fakt samodzielnego podejmowania przez poszczególne państwa decyzji o tempie redukcji emisji gazów cieplarnianych; tempo to z pewnością nie wystarczy do zapobieżenia wzrostowi temperatury powierzchni globu o ponad 2°C do końca tego stulecia.²⁸ Ponadto porozumienie nie będzie przewidywać możliwości zewnętrznej kontroli realizacji postanowień porozumienia. Wreszcie istnieje różnica zdań co do tego, czy porozumienia ma mieć charakter prawnie wiążący. Rozbieżność zdań dotyczy także tzw. Funduszu Adaptacyjnego przeznaczonego na przystosowanie krajów najbardziej narażonych na skutki zmian klimatu (są to zwykle – zgodnie z diagnozą V Raportu IPCC – kraje biedne). Na konferencji klimatycznej w Kopenhadze w 2009 roku, kraje rozwinięte zobowiązały się przeznaczać rocznie do roku 2020, 100 mld dolarów na Fundusz Adaptacyjny. Jednak – jak szacuje UNEP²⁹ - potrzeby krajów dotkniętych skutkami zmian klimatu są większe i mogą wynosić

²⁶ W 2009 roku Izba Reprezentantów kongresu przegłosowała American Clean Energy and Security Act (ACES), stanowiący fundament prawny dla procesów radykalnego zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych przez amerykańską gospodarkę (zmniejszenie emisji CO₂ o 83% do 2050 roku w porównaniu do roku 2005). Po raz pierwszy w historii jedna z izb kongresu przegłosowała ustawę zmierzająca do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Ustawa ta została jednak odrzucona przez senat (CEPA, 2010).

²⁷ Należy wyróżnić przynajmniej trzy czynniki składające się na ten trend; po pierwsze w Chinach rośnie świadomość zagrożeń wynikających ze zmian klimatu, po drugie – oparcie gospodarki o paliwa kopalne staje się źródłem wzrastającej ilości zanieczyszczeń gleby, wód oraz powietrza, po trzecie – Chiny podjęły zakrojony na szeroką skalę program inwestycji w odnawialne źródła energii.

²⁸ Redukcję wzrostu temperatury globalnej poniżej 2°C pod koniec XXI wieku umożliwia scenariusz RCP 2,6 ujęty w V Raporcie IPCC (IPCC, 2014).

²⁹ United Nations Environment Programme – Program Środowiskowy Narodów Zjednoczonych

nawet 300 mld dolarów rocznie. Kraje te domagają się zwiększenia kwot wpłacanych do Funduszu Adaptacyjnego (Śmigowska, 2014).

Uzgodnienie wspólnego porozumienia w sprawie zapobiegania i łagodzenia zmian klimatu przez wszystkie lub choćby znacząca większość państw świata, jest zadaniem niezwykle trudnym. Na złożoność tej problematyki składa się szereg czynników; gazy cieplarniane powstają przy produkcji wszelkich dóbr i usług, z czego wynika, że redukcja emisji tych gazów wymaga głębokich przemian strukturalnych w wielu sektorach gospodarki (Popkiewicz, 2012). Dalej – o czym już wspomniano – państwa rozwijające się i państwa rozwinięte postrzegają zagadnienia polityki klimatycznej z zupełnie różnej perspektywy (IPCC, 2014). Ponadto nadal powszechne jest przekonanie, że nie jesteśmy w posiadaniu technologii pozyskiwania energii, która pozwoliłaby na rezygnację z paliw kopalnych (Bryce, 2011). Wreszcie ciągle dają się słyszeć głosy podające w wątpliwość realność zjawisk ocieplania się klimatu i udziału w nich człowieka (Miłek, 2009). Warto też zauważyć, że kontynuacja dotychczasowej polityki pozyskiwania energii z paliw kopalnych leży w interesie wielkich korporacji o znacznych możliwościach oddziaływania na procesy podejmowania decyzji przez uprawnione do tego gremia. Ogólna ocena odpowiedzi społeczności światowej na antropogeniczne zmiany klimatu może jednak dawać powody do pewnego optymizmu; nasze zrozumienie mechanizmów potencjalnego wpływu człowieka na funkcjonowanie ziemskiego systemu klimatycznego ciągle rośnie, ponadto ogół opinii publicznej – w tym politycy – dostrzegają istotność problematyki klimatycznej w dużo większym zakresie niż miało to miejsce jeszcze 20 czy nawet 10 lat temu. W tym miejscu warto jednak przypomnieć, że w staraniach o powstrzymanie zmian klimatu i łagodzenie ich skutków, niezwykle ważnym parametrem jest czas – zaniechanie pewnych działań teraz utrudni (lub wręcz uniemożliwi) podjęcie ich w przyszłości (IPCC, 2014).

Uwagi końcowe

W dziejach biosfery ziemskiej zjawiska wymierania gatunków oraz wyższych jednostek taksonomicznych są powszechne i nieuniknione (Weiner, 1999). Wraz z rozwojem cywilizacji technicznej konkurencja o zasoby uległa zaostrzeniu, a tempo wymierania gatunków znacznie wzrosło i ciągle wzrasta. Głównym czynnikiem odpowiedzialnym za procesy wymierania gatunków jest kurczenie się, degradacja i całkowite niszczenie środowiska życia gatunków. Zagrożone zniszczeniem są najbardziej różnorodne ekosystemy ziemskie, zarówno wodne – jak rafy koralowe, jak i lądowe występujące na obszarach wilgotnych lasów równikowych. Zmiany klimatyczne zwiększają dodatkowo presję na i tak już zagrożone ekosystemy a ich ochrona staje się coraz bardziej problematyczna (Popkiewicz, 2012).

Rozwój cywilizacji technicznej rozwiązuje stare problemy tworząc jednocześnie problemy nowe. Ludzkość na początku XXI wieku staje przed zagadnieniem zapewnieniem godziwych warunków życia dla wciąż rozrastającej się populacji. Co więcej apetyt na zasoby (energię) w przeliczeniu na pojedynczego mieszkańca globu ciągle wzrasta. Wiadomo, że przy obecnym poziomie rozwoju technologicznego zapewnienie każdemu mieszkańcowi globu poziomu

życia charakteryzującego kraje bogatego zachodu jest po prostu niemożliwe (Smil, 2005). Zmiany klimatyczne będące ubocznym skutkiem rozwoju gospodarczego pogłębiają istniejące wyzwania (nierównomierny rozdział bogactwa, zaspokojenie wzrastającego zapotrzebowania na energię przy kurczących się zasobach paliw kopalnych, zaopatrzenie ludności w żywność, niedobory wody pitnej i przemysłowej, wzrost zanieczyszczenia środowiska, niszczenie ekosystemów lądowych, słodkowodnych i morskich, masowe wymieranie gatunków) i zmuszają do jak najszybszego podjęcia środków zaradczych (Popkiewicz, 2012). Ludzkość jest skazana na rozwój naukowo-techniczny i to w wiedzy właśnie może szukać rozwiązania gnębiących ją problemów.

Literatura

- Andrews-Speed, P., Herberg, M.E., Li Zhidong, L. & Shober, B.A. 2014. China's energy crossroads. The National Bureau of Asian Research. Special report 47.
- Broder, J.M. (2009, June 27). House Passes Bill to Address Threat of Climate Change. *New York Times*, New York ed., p. A1.
- Bryce, R. 2011. *Power Hungry: The Myths of "Green" Energy and the Real Fuels of the Future*. Public affairs; Reprint ed. New York 2011
- Byrd, R. & Hagel, C. 1997. Expressing the sense of the Senate regarding the conditions for the United States becoming a signatory to any international agreement on greenhouse gas emissions under the United Nations.... 105th Congress, 1st Session. The National Center for Public Policy Research. (wgląd 26 grudnia 2014), <http://www.nationalcenter.org/KyotoSenate.html>
- CCSP 2009: Lead Author: Granger Morgan, M., Contributing Authors: Dowlatabadi, H., Henrion, M., Keith, D., Lempert, R., McBride, S., Small, M., & Wilbanks, T. Best Practice Approaches for Characterizing, Communicating, and Incorporating Scientific Uncertainty in Decision making. A Report by the Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, 96 pp
- CEPA 2010: Yavich, R. Waxman-Markey and Failed Senate Legislation: Climate Change Policy Case Study. Center for Environmental Policy and Administration, Syracuse, NY, 17 pp
- European Commission's communication "Energy roadmap 2050" 2011: (COM 885 final of 15 December 2011)
- IEA 2011: Birol, F. et al. World energy outlook 2011. International Energy Agency. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris, France, pp 666
- IISD 2014: Echeverría, D. & Gass, P. November 2014. The United States and China's New Climate Change Commitments: Elements, implications and reactions. A report by

International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Manitoba, Canada, 5 pp 5

IPCC 1990: Houghton, J.T., Jenkins, G.J. & Ephraums J.J. (eds.). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia 410 pp.

IPCC 2014: Core Writing Team members; Allen, M.R., Barros, V.R., John Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J.A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., Dubash, N.K., Edenhofer, O., Elgizouli, I., Field, C.B., Forster, P., Friedlingstein, P., Fuglestedt, J., Gomez-Echeverri, L., Hallegatte, S., Hegerl, G., Howden, M., Jiang, K., Cisneros, B.J., Kattsov, V., Lee, H., Mach, K.J., Marotzke, J., Mastrandrea, M.D., Meyer, L., Minx, J., Mulugetta, Y., O'Brien, K., Oppenheimer, M., Pachauri, R.K., Pereira, J.J., Pichs-Madruga, R., Plattner, G.K., Pörtner, H.O., Power, S.B., Preston, B., Ravindranath, N.H., Reisinger, A., Riahi, K., Rusticucci, M., Scholes, R., Seyboth, K., Sokona, Y., Stavins, R., Stocker, T.F., Tschakert, P., van Vuuren, D., van Ypersele J.P. Extended Core Writing Team members; Blanco, G., Eby, M., Edmonds, J., Fleurbaey, M., Gerlagh, R., Kartha, S., Kunreuther, H., Rogelj, J., Schaeffer, M., Sedláček, J., Sims, R., Ürge-Vorsatz, D., Victor, V., Yohe, G. Review Editors; Aldunce, P., Downing, T., Jousaume, S., Kundzewicz, Z., Palutikof, J., Skea, J., Tanaka, K., Tangang, F., Wenying, C., Xiao-Ye, Z., *Climate change 2014, Synthesis report (longer report)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, USA, 116 pp

Kasting, J.F. *How to find a habitable planet?* Princeton University Press 2012

Kerry, J. (2014, November 11). Our Historic Agreement With China on Climate Change. *New York Times*, (wgląd 27 grudnia 2014), <http://www.nytimes.com/2014/11/12/opinion/john-kerry-our-historic-agreement-with-china-on-climate-change.html?action=click&contentCollection=Asia%20Pacific&module=RelatedCoverage®ion=Marginalia&pgtype=article>

Kjehl, J.T. & Trenberth, K.E. 1997. Earth's Annual Global Mean Energy Budget. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78 (2), 197–208.

Kump, L.R., Kasting, J.F. & Crane, R.G. *The Earth System*. (third ed.) Prentice Hall 2010

Ma, T., Zhou, C. & Pei, T. (2012) Simulating and estimating tempo-spatial patterns in global human appropriation of net primary production (HANPP): A consumption-based approach. *Ecological Indicators* 23, 660–667.

Milek, M. 2009. *Problemy z pakietem klimatyczno energetycznym*. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Sulechowie, Sulechów 2009

PBL, 2013: Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M. & Peters, J. A.H.W. Trends in global CO₂ emissions: 2013 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. The Hague, 2013

Popkiewicz, J. *Świat na rozdrożu*. Sonia Draga, Katowice 2012

Rada Europejska; Konkluzje w sprawie ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030. (23 i 24 października 2014 r.)

RGGI. Regional Greenhouse Gas Initiative. Program overview. (wgląd 26 grudnia 2014), <http://www.rggi.org/design/overview>

Smil, V. *Energy at the crossroads. Global perspectives and uncertainties*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts; London, England 2005

Śmigrowska, M. (2014, 11 grudnia). COP20 w Limie – rośnie szansa na historyczny przełom. Jest szkic globalnego porozumienia klimatycznego. *Chrońmy Klimat*. (wgląd 11 grudnia 2014), <http://www.chronmyklimat.pl/wiadomosci/cop20-w-limie-rosnie-szansa-na-historyczny-przelom-jest-szkic-globalnego-porozumienia-klimatycznego>

Weiner, J. *Życie i ewolucja biosfery*. PWN, Warszawa 1999

Yergin, D. *The Quest. W poszukiwaniu energii*. Kurhaus Publishing, Warszawa 2013

Zhou, N., Fridley, D., McNeil, M., Zheng, N., Ke, J. & Levine, M. 2011. China's Energy and Carbon Emissions Outlook to 2050. China Energy Group Lawrence Berkeley National Laboratory.

Księga Szkocka

Teza. Analiza zaprezentowana w Raporcie, doprowadzona do punktu, który wyraźnie wskazuje na perspektywę globalnego porozumienia klimatyczno-energetycznego, potwierdza tezę autora niniejszego „wpisu” do Księgi Szkockiej BŻEP z drugiej połowy minionej dekady, sformułowaną w następujący sposób: „Konferencja Klimatyczna ONZ (Poznań 2008, przypis autora) uwypukliła bardzo mocno spór o rzeczywisty wpływ CO₂ na efekt cieplarniany. Konstruktywny wniosek, z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego jest taki, że efekt cieplarniany, jest czy go nie ma, napędza innowacje w energetyce...” (Monografia *Bezpieczeństwo elektroenergetyczne w społeczeństwie postprzemysłowym na przykładzie Polski*, pod redakcją Jana Popczyka, str. 7. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009). U progu 2015 roku tezę tę trzeba jeszcze wzmocnić, w następujący sposób: Polska nic nie zyska na negowaniu antropogenicznego czynnika efektu cieplarnianego (jeśli nawet nie byłoby go), dużo straci natomiast na petryfikacji energetyki (bo wyścig technologiczny i światowa przebudowa energetyki są niezaprzeczalne). Jest tu duże podobieństwo do zakładu Pascala, który w *Myślach* przyznaje, że nie ma dowodu na istnienie Boga, ale warto (w kategoriach hazardzisty – rozum nie ma w tym wypadku nic do rzeczy) wierzyć kościołowi katolickiemu, bo wygrana oznacza niebo, a przegrana, że nie tracimy niczego (no bo nieba nie ma). W wypadku klimatu warto, aby Polska uwierzyła w Protokół ICCP, bo wtedy zostanie beneficjentem przebudowy energetyki. Jeśli antropogenicznego czynnika efektu cieplarnianego nie ma, to petryfikując energetykę wszystko przegra, bo świat nie będzie czekał.

Zadanie do rozwiązania. Głównym zadaniem, o fundamentalnym znaczeniu dla Polski, jest niezwłoczne podjęcie systemowego monitoringu/analizy dokonującego się globalnego wyścigu technologicznego na rzecz przebudowy energetyki (proponuje się objęcie tym działaniem przede wszystkim „pary” USA-Chiny, ponadto Niemiec, a także Izraela). Następnie zaś potrzebna jest budowa dla Polski modelu ryzyka związanego z petryfikacją energetyki. W szczególności ryzyka ekonomicznego (ryzyka *stranded costs* związanego z

wielkimi inwestycjami w wielkoskalową energetykę korporacyjną, a także ryzyka niewykorzystania potencjalnych zasobów energetyki prosumenckiej takich jak efektywność energetyczna, rolnictwo energetyczne, i wiele innych), jak również ryzyka cywilizacyjnego (związanego z opóźnianiem rozwoju inteligentnej infrastruktury, napędzanego już na świecie za pomocą przebudowy energetyki).

Jan Popczyk

Datowanie (wersja oryginalna) – 31.12.2014 r.