

**WSZYSTKO,
CO TRZEBA WIEDZIEĆ!**

- jak człowiek wpływa na klimat?
- jaka jest przyszłość naszej planety?
- jakie są rozwiązania?

Mark Maslin

ZMIANY KLIMATU

Tłumaczenie **Katarzyna Dośpiał-Borysiak**

Original English
language edition by

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

**> KRÓTKIE
WPROWADZENIE**

ZMIANY KLIMATU

> KRÓTKIE
WPROWADZENIE



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

Mark Maslin

ZMIANY KLIMATU

Tłumaczenie Katarzyna Dośpiał-Borysiak

Redakcja naukowa Piotr Piotrowski

Original English
language edition by

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

> KRÓTKIE
WPROWADZENIE

Łódź 2018

Tytuł oryginału: *Climate Change: A Very Short Introduction*

Rada Naukowa serii *Krótkie Wprowadzenie*

*Jerzy Gajdka, Ewa Gajewska, Krystyna Kujawińska Courtney
Aneta Pawłowska, Piotr Stalmaszczyk*

Redaktorzy inicjujący serii *Krótkie Wprowadzenie*

Urszula Dzieciatkowska, Agnieszka Kałowska

Tłumaczenie

Katarzyna Dośpiał-Borysiak

Redakcja naukowa

Piotr Piotrowski

Opracowanie redakcyjne

Jowita Podwysocka-Modrzejewska

Skład i łamanie

Munda – Maciej Torz

Projekt typograficzny serii

Tomasz Przybył

Projekt okładki

Katarzyna Turkowska

Climate Change: A Very Short Introduction was originally published in English in 2014. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or for any losses caused by reliance thereon.

© Copyright Eco-Climate Limited 2014

The moral rights of the author have been asserted

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2018

© Copyright for Polish translation by Katarzyna Dośpiał-Borysiak, Łódź 2018

Publikacja sfinansowana ze środków Wydawnictwa Uniwersytetu Łódzkiego

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.07580.16.0.M

Ark. wyd. 8,5; ark. druk. 13,75

Paperback ISBN Oxford University Press: 978-0-19-871904-5

ISBN 978-83-8088-769-5

e-ISBN 978-83-8088-770-1

*Dla Chrisa Pace'a (1968–2006)
i Nicka Shackleton'a (1937–2006),
którzy nie widzieli problemów tylko rozwiązania*

Spis treści

Podziękowania	9
Wprowadzenie do trzeciego wydania	11
Wykaz skrótów	15
Wykaz rysunków	19
Wykaz tabel	21
Wykaz ramek	21
1. Czym są zmiany klimatu	23
2. Debata o zmianach klimatu	35
3. Dowody zmian klimatu	53
4. Modelowanie przyszłości klimatu	69
5. Konsekwencje zmian klimatu	91
6. Niespodzianki klimatyczne	121
7. Polityczne aspekty zmian klimatu	137
8. Rozwiązania	161
9. Przewidywanie przyszłości	193
Dalsza lektura	209
Indeks	213

Podziękowania

Autor chciałby podziękować następującym osobom: Annie, Chris, Johannie, Alexandrze i Abbie za bycie przy mnie, Emmie Ma z Oxford University Press, całej kadrze z University Colledge London, Rezatec Ltd, TippingPoint i Eden; Milesowi Irvingowi za wspaniałe ilustracje; Richardowi Betts, Markowi Brandon i Ericowi Wolffowi za ich wnikliwe i niezwykle pomocne recenzje, i wszystkim moim koleżankom i kolegom reprezentującym klimatologię, paleoklimatologię, nauki społeczne, ekonomię, medycynę, inżynierię, sztukę i nauki humanistyczne, którzy ciągle walczą o zrozumienie, przewidzenie i zmniejszenie naszego wpływu na klimat.

Wprowadzenie do trzeciego wydania

Zmiany klimatu są jedną z nielicznych naukowych teorii, która każe nam zmieniać podstawy współczesnego społeczeństwa. Jest to wyzwanie nie tylko budzące spory wśród polityków, ale również antagonizujące całe narody, modyfikujące indywidualne wybory i ostatecznie prowokujące do pytania o związek pomiędzy ludzkością a planetą. Ostatni raport Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (ang. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) dowodzi, że zmiany klimatu są niezaprzeczalne – w ostatnich stu latach globalna temperatura wzrosła o 0,8°C, a poziom wód podniósł się o 22 centymetry. W zależności od tego, jak będziemy kontrolować emisje gazów cieplarnianych (ang. *green house gases*, GHG) przeciętna temperatura powierzchni może wzrosnąć pomiędzy 2,8 a 5,4°C pod koniec XXI wieku. Dodatkowo poziom mórz może wzrosnąć od 52 do 98 cm. Zjawiskom tym towarzyszyć będą zasadnicze zmiany schematów pogodowych, w tym większa ilość ekstremalnych zjawisk pogodowych. Nie przyniosą one końca świata, jak wieściło wielu ekologów w późnych latach 80. i wczesnych latach 90. XX wieku, jednak oznaczać będą problemy dla miliardów ludzi.

Redukcja emisji GHG stanowi główne wyzwanie dla naszego globalnego społeczeństwa. Nie należy tego bagatelizować, ponieważ, pomimo trzydziestu lat negocjacji klimatycznych, nie udało się doprowadzić do rezygnacji z przyjmowanego dotąd scenariusza. Porażka międzynarodowych negocjacji klimatycznych, szczególnie widoczna w Kopenhadze w 2009 r., zatrzymała zna-

czące ograniczenia w emisji GHG o co najmniej dekadę. Nadzieje jednak rosną i pojawiają się oczekiwania co do przyszłych negocjacji klimatycznych. Chiny, obecnie największy emitent GHG, rozważały wprowadzenie narodowego systemu handlu uprawnieniami. Natomiast Stany Zjednoczone, odpowiedzialne za 1/3 obecnych w atmosferze zanieczyszczeń węglowych, przekazały uprawnienia w kwestii regulacji emisji dwutlenku węgla Agencji Ochrony Środowiska, bezpośrednio narażonej na polityczne naciski z Waszyngtonu.

Pomimo braku ogólnościowego politycznego porozumienia wiele argumentów ekonomicznych przemawia za podjęciem działań. Szacuje się, że rozwiązanie problemu zmian klimatu obecnie kosztowałoby 2–3% światowego PKB, natomiast w przypadku odłożenia działań do połowy wieku koszt mógłby wzrosnąć nawet do ponad 20%. Poza tym, nawet jeżeli analiza kosztów i zysków nie jest klarowna, z moralnego punktu widzenia należy myśleć o milionach istnień ludzkich, których przetrwanie i dobrobyt będą zagrożone. Międzynarodowe rozwiązanie polityczne powinno być imperatywem, gdyż bez realizacji porozumienia z 2015 r. musimy liczyć się ze zdecydowanym wzrostem emisji węglowych i dotkliwymi zmianami klimatu. Każde porozumienie będzie musiało uwzględnić państwa rozwijające się, chroniąc zarazem ich prawa do rozwoju, zgodnie z moralnym wskazaniem zakładającym, że ludzie z biednych państw powinni uzyskać podobny poziom opieki, edukacji, długości życia jak w krajach Zachodu. Polityka dotycząca zmian klimatu oraz wszelkie regulacje wynikające z międzynarodowych negocjacji muszą być realizowane zarówno na poziomie narodowym jak i regionalnym, aby zapewnić wielopoziomowe zarządzanie i w konsekwencji skuteczność ich realizacji.

Niezbędne są nowe sposoby redystrybucji bogactwa, globalnie jak i w ramach państwowych, umożliwiające wydostanie z ubóstwa miliardów ludzi bez ogromnego wzrostu konsumpcji, wyczerpywania zasobów i emisji gazów cieplarnianych. Wsparcie i pieniądze potrzebne są, aby pomóc państwom rozwijającym w adaptacji do zmian klimatu, które nieuchronnie nastąpią.

Zmiany klimatu podważają więc każdy aspekt dotychczasowej organizacji społeczeństwa. Kwestionują nie tylko pojęcie państwa narodowego w kontekście globalnej odpowiedzialności, ale również krótkowzroczność wizji naszych przywódców politycznych. Zmiany klimatu należy również rozpatrywać w kontekście innych wielkich wyzwań XX w., jak globalne ubóstwo, wzrost liczby ludności, degradacja środowiska naturalnego i bezpieczeństwo globalne. Aby sprostać tym wyzwaniom, musimy zmienić niektóre z podstawowych zasad naszego społeczeństwa, co pozwoli nam na przyjęcie podejścia bardziej globalnego i długoterminowego, prowadząc do wypracowania rozwiązania typu *win-win*, które wszystkim przynosi korzyści.

Wykaz skrótów

AABW	(ang. <i>Antarctic bottom water</i>), antarktyczne wody denne
AO	(ang. <i>Arctic Oscillation</i>), oscylacja arktyczna
AOGCM	(ang. <i>Atmosphere-Ocean Global Circulation Models</i>), sprzężone atmosferyczno-oceaniczne modele ogólnej cyrkulacji
AOSIS	(ang. <i>Alliance of Small Island States</i>), Sojusz Małych Państw Wyspiarskich
BASIC	Brazylia, Republika Południowej Afryki, Indie, Chiny
BINGO	(ang. <i>Business and Industry Non-Governmental Organizations</i>), Pozarządowe Organizacje Biznesu i Przemysłu
CCS	(ang. <i>carbon capture and storage</i>), wychwytywanie i składowanie CO ₂ (sekwestracja dwutlenku węgla)
CDM	(ang. <i>Clean Development Mechanism</i>), Mechanizm Czystego Rozwoju
CFCs	(ang. <i>Chlorofluorocarbons</i>), chlorofluorowęglowodory
COP	(ang. <i>Conference of the Parties</i>), Konferencja Stron UNFCCC
ECS	(ang. <i>equilibrium climate sensitivity</i>), równowagowa czułość klimatu
ENGO	(ang. <i>Environmental Non-Governmental Organizations</i>), pozarządowe organizacje ekologiczne
ENSO	(ang. <i>El Niño Southern Oscillation</i>), El Niño – oscylacja południowa
ETS	(ang. <i>Emissions Trading Scheme</i>), system handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych

GCM	(ang. <i>General Circulation Model</i>), model ogólnej cyrkulacji
GCR	(ang. <i>galactic cosmic ray</i>), galaktyczne promieniowanie kosmiczne
GHCN	(ang. <i>Global Historical Climatology Network</i>), Globalna Historyczna Sieć Klimatologiczna
G77	Grupa 77
GHG	(ang. <i>greenhouse gases</i>), gazy cieplarniane
GMT	(ang. <i>global mean temperature</i>), średnia globalna temperatura
GtC	(ang. <i>gigatonnes of carbon</i>), miliard ton węgla
IPCC	(ang. <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>), Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatu
JUSSCANNZ	Japonia, USA, Szwajcaria, Kanada, Australia, Norwegia i Nowa Zelandia
MAT	(ang. <i>marine air temperature</i>), temperatura powietrza nad obszarami morskimi
NADW	(ang. <i>North Atlantic Deep Water</i>), północnoatlantyckie wody głębinowe
NAO	(ang. <i>North Atlantic Oscillation</i>), oscylacja północnoatlantycka
NGO	(ang. <i>non-governmental organisation</i>), organizacja pozarządowa
NASA	(ang. <i>National Aeronautics and Space Administration</i>), Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej USA
NOAA	(ang. <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>), Amerykańska Narodowa Służba Oceaniczna i Meteorologiczna lub Narodowa Administracja ds. Oceanów i Atmosfery USA
OECD	(ang. <i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>), Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
OPEC	(ang. <i>Organization of the Petroleum Exporting Countries</i>), Organizacja Krajów Eksportujących Ropę Naftową

PETM	(ang. <i>Palaeocene-Eocene Thermal Maximum</i>), paleoceńsko-eoceńskie maksimum termiczne
ppbv	(ang. <i>parts per billion by volume</i>), liczba części na miliard w danej objętości
ppm	(ang. <i>parts per million</i>), liczba części na milion
ppmv	(ang. <i>parts per million by volume</i>), liczba części na milion w danej objętości
RCP	(ang. <i>representative concentration pathways</i>), reprezentatywne ścieżki koncentracji
REDD+	(ang. <i>Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation</i>), redukcja emisji spowodowanych wylesianiem i degradacją lasów
SRES	(ang. <i>Special Report on Emission Scenarios by the IPCC 2000</i>), Specjalny Raport IPCC Scenariuszy Emisyjnych (2000)
SST	(ang. <i>sea surface temperature</i>), temperatura powierzchni oceanu
UNFCCC	(ang. <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>), Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu
WTO	(ang. <i>World Trade Organization</i>), Światowa Organizacja Handlu

Wykaz rysunków

1. Efekt cieplarniany	24
2. Zmiany koncentracji gazów cieplarnianych i temperatury w ciągu ostatnich ośmiu cykli glacialnych według zapisu z rdzeni lodowych	27
3. Zmiany zawartości dwutlenku węgla w atmosferze w Obserwatorium na Mauna Loa	28
4. Emisja dwutlenku węgla w ujęciu historycznym według regionów	30
5. Zmiany temperatury powierzchni Ziemi w ciągu ostatnich 150 lat	40
6. Poziom zainteresowania gazet problemem globalnego ocieplenia w latach 1985–1997	44
7. Rekonstrukcja temperatury na półkuli północnej z ostatnich 1300 lat	57
8. Globalne zmiany opadów atmosferycznych (1900–2013)	58
9. Wskaźniki zmian klimatu	59
10. Globalne zmiany temperatury i dwutlenku węgla w ciągu ostatnich 20 tys. lat	64
11. Liczba plam na słońcu, a globalna temperatura	66
12. Ogólny model strukturalny klimatu globalnego	72
13. Obieg węgla w przyrodzie w GtC (w gigatonach węgla)	74
14. Wymuszenie radiacyjne w latach 1750–2011	75
15. Przyszłe scenariusze emisji węglowych	78
16. Kaskada niepewności modeli zmian klimatycznych i polityki	80
17. Globalna temperatura, pokrywa lodowa Arktyki i poziom mórz w XXI w.	82

18. Równowagowa czułość klimatu	85
19. Globalna temperatura powierzchni Ziemi w latach 1950–2300	90
20. Zagrożenia zmianami klimatycznymi będące konsekwencją wzrastającej temperatury globalnej	93
21. Zmiany klimatyczne, przystosowanie społeczne a ekstremalne zjawiska	95
22. Obszary najbardziej narażone na wzrost poziomu morza	97
23. Porównanie fali upałów z 2003 r. do przeszłych i przyszłych temperatur letnich	104
24. Ceny żywności w latach 2004–2013	108
25. Zmiany w plonach zbóż do 2050 r.	115
26. Zakwaszenie oceanów	117
27. Zmiany klimatu – punkty krytyczne	122
28. Scenariusze reakcji systemu klimatycznego na wymuszenie wywołane przez gazy cieplarniane	124
29. Zmiany oceanicznej cyrkulacji głębinowej w zależności od zmian gęstości wody	129
30. Przewidywany zakres wzrostu temperatury globalnej w zależności od ilości dwutlenku węgla w atmosferze	138
31. Historyczna i prognozowana emisja dwutlenku węgla <i>per capita</i>	139
32. Przewidywane emisje CO ₂ dla scenariusza „bez zmian” i stabilizacji koncentracji na poziomie 550 ppm i 450 ppm	158
33. Modele strategii odpowiedzi na wzrost poziomu mórz	163
34. Czas realizacji planowanych strategii walki ze zmianami klimatu	164
35. Kliny stabilizacyjne do osiągnięcia emisji koncentracji CO ₂ w powietrzu na poziomie 450 ppm	167
36. Zakładana emisja dwutlenku węgla w Wielkiej Brytanii do roku 2050.	179
37. Zakres metod geoinżyneryjnych	184
38. Średnie roczne pochłanianie i uwalnianie CO ₂ przez lasy	188
39. Środowiskowe ograniczenia planetarne	194
40. Światowe zapotrzebowanie na energię, żywność i wodę do 2030 r.	197

41. Przewidywany przez ONZ wzrost populacji na świecie	199
42. Rysunek <i>USA Today</i> – negocjacje klimatyczne w Kopenhadze w 2009 r.	204

Wykaz tabel

1. Główne gazy cieplarniane i ich wpływ na ocieplenie atmosfery	54
2. Reprezentatywne ścieżki koncentracji (RCP) według raportu IPCC z 2013 r.	77
3. Projekcje temperatury i poziomu morza według reprezentatywnych ścieżek koncentracji (RCP)	82
4. Konsekwencje zmian klimatu	119
5. Efekty zastosowania klinów stabilizacyjnych według Steve'a Pacala i Roberta Socolow'a (Uniwersytet w Princeton)	168
6. Ograniczenia planetarne	195

Wykaz ramek

1. Czym jest Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu?	31
2. El Niño – oscylacja południowa (ENSO)	111
3. Koalicje negocjacyjne w ramach Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC)	142

Rozdział 1

Czym są zmiany klimatu?

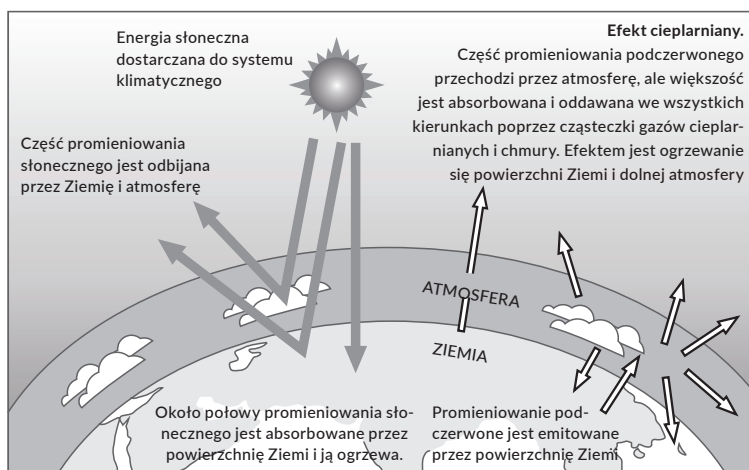
Przyszłe zmiany klimatu stanowią jedno z podstawowych wyzwań w XXI w., obok walki z ubóstwem, degradacji ekologicznej i bezpieczeństwa międzynarodowego. Problem polega na tym, że zmiany klimatu są już nie tylko problemem naukowym, gdyż ich konsekwencje mają wpływ na gospodarkę, rozwój społeczny, geopolitykę, politykę narodową i lokalną, prawo, czy ochronę zdrowia. Celem niniejszego rozdziału jest ukazanie roli gazów cieplarnianych (ang. *green house gases*, GHG) w kształtowaniu klimatu w przeszłości, wyjaśnienie dlaczego ich stężenie rośnie począwszy od rewolucji przemysłowej, oraz określenie przyczyn postrzegania jako niebezpiecznych zanieczyszczeń. Zostaną również wskazane państwa odpowiedzialne za największe emisje GHG oraz sposób w jaki się zmieniały emisje wraz z szybkim rozwojem ekonomicznym. Rozdział podejmie także kwestię Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu i jego regularnej oceny najnowszych danych świadczących o zmianach klimatu.

Naturalne gazy cieplarniane występujące na Ziemi

Temperatura Ziemi determinowana jest przez równowagę pomiędzy energią słoneczną i jej stratami do przestrzeni kosmicznej. Większość słonecznego promieniowania krótkofalowego (głównie ultrafiolet i światło widzialne) przechodzi przez atmosferę bez zakłóceń (rysunek 1). Jedynym wyjątkiem jest

ozon, który z pożytkiem dla nas, absorbuje wysokoenergetyczne promieniowanie UV, szkodliwe dla komórek i DNA organizmów żywych. Około jednej trzeciej energii słonecznej jest odbijane bezpośrednio do przestrzeni kosmicznej. Pozostała energia absorbowana jest zarówno przez lądy jak i oceany. To powoduje ich ogrzanie, a następnie oddanie uzyskanego ciepła w formie promieniowania długofalowego, inaczej promieniowania ciepłego. Gazy atmosferyczne jak para wodna, dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4) i podtlenek azotu (N_2O) znane są jako gazy cieplarniane, gdyż mogą absorbować część wspomnianego promieniowania długofalowego, ocieplając tym samym atmosferę. Zjawisko to zostało przebadane w atmosferze i może być odtworzone w laboratorium. Jest ono niezbędne, ponieważ gdyby nie istniało, Ziemia byłaby co najmniej o 35°C chłodniejsza, czyli średnia temperatura w tropikach wynosiłaby -10°C .

Od początku rewolucji przemysłowej wykorzystujemy paliwa kopalne (ropę, węgiel, gaz naturalny) zgromadzone miliony lat temu, uwalniając ponownie do atmosfery węgiel jako CO_2 i CH_4 , zwiększając tym samym „efekt cieplarniany” i podnosząc temperaturę Ziemi. W efekcie palimy zwęglone światło słoneczne.



1. Efekt cieplarniany