

Julia Anna Gawęcka*

GEOINŻYNIERIA KLIMATU W DYSKURSIE NAUKOWYM – WYZWANIE CZY ZAGROŻENIE WSPÓŁCZESNEGO ŚWIATA?

Streszczenie

Geoinżynieria, choć jest dziedziną, która powstała w latach 60. XX wieku, nadal wymaga dogłębnej eksploracji. W swoim podstawowym założeniu, jako celowe działanie globalne, geoinżynieria ma przede wszystkim prowadzić do kontrolowanej ingerencji i manipulacji w środowisko naszej planety. Autorka w artykule podjęła próbę uporządkowania poglądów na temat współczesnej geoinżynierii klimatu, z jednoczesną analizą teoretycznego i praktycznego podejścia do tej problematyki.

Słowa kluczowe: klimat, zmiana klimatyczna, geoinżynieria klimatu, środowisko naturalne

Wstęp

Dla przeciętnej odbiorcy geoinżynieria jest pojęciem enigmatycznym i niezrozumiałym. W nomenklaturze technicznej stanowi dziedzinę nauki zajmującą się metodami ulepszania gruntów i skał oraz materiałów gruntowych w budowlach ziemnych. Jako pojęcie interdyscyplinarne, wykorzystuje dorobek geologii inżynierskiej, zapewniając tym samym racjonalne projektowanie i realizację budowli naziemnych i podziemnych w inżynierii i ochronie środowiska. Geoinżynieria jest tożsama z planowaniem i wykonywaniem specjalistycznych prac geotechnicznych, podejmowanych na rzecz ulepszania podłoża gruntowych¹. Jedno-

* Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie; e-mail: julia.gaweczka@up.krakow.pl; ORCID: 0000-0001-6197-9089.

¹ S. Pisarczyk, *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego*, Warszawa 2020, s. 7–9; *Geoinżynieria*, Inżynieria środowiska, <https://inzynieriasrodowiska.com.pl> (19.08.2022).

częściej wykorzystuje związki synergii z zakresu mechaniki gruntów i skał, geologii i geologii inżynierskiej, umożliwia racjonalne projektowanie i wykonywanie budowli naziemnych i podziemnych w szeroko rozumianej inżynierii i ochronie środowiska². Natomiast geoinżynieria klimatu oznacza celową, świadomą manipulację w funkcjonowanie naszej planety pod względem fizycznym, chemicznym, a także biologicznym. Wspomniana planowa manipulacja jest rzekomo wymuszona przez postępujące na masową skalę zmiany klimatyczne. Tak rozumiana geoinżynieria klimatu skupia się przede wszystkim na redukcji dwutlenku węgla z atmosfery oraz ilości promieniowania słonecznego, które dociera na Ziemię³. Warto nadmienić, iż sam termin geoinżynieria klimatu jest pojęciem stosunkowo nowym. Pionierem w tworzeniu terminologii była w 2014 roku grupa naukowców Narodowej Agencji Badań (*Agence nationale de la recherche*, ANR), którzy utożsamili techniki i praktyki wykorzystywane w celu ograniczenia skutków ingerencji człowieka w środowisko naturalne z geoinżynierią środowiskową.

Za cel artykułu przyjęto proces uporządkowania poglądów na temat współczesnej geoinżynierii klimatu, ze szczególnym uwzględnieniem polemik podejmowanych w dyskursie naukowym. Główny problem badawczy sformułowano w postaci pytania: W jakich kategoriach przedstawiciele nauki określają współczesne zjawisko geoinżynierii klimatu? W procesie badawczym wykorzystano metodologię poznania naukowego, zwłaszcza analizę i krytykę materiałów źródłowych oraz analizę porównawczą. Autorka odwołała się przede wszystkim do dostępnej literatury przedmiotu z zakresu geoinżynierii klimatu, aktów normatywnych, a także poglądów wybranych naukowców, które zostały zaprezentowane w trakcie ich publicznych wystąpień na forum międzynarodowym. Z uwagi na deficyt publikacji w polskiej literaturze przedmiotu (w przeciwieństwie do opracowań obcojęzycznych), traktujących bezpośrednio o geoinżynierii klimatu, stosowne stało się eksplorowanie podjętej problematyki i sformułowanie hipotezy: geoinżynieria klimatu, ze względu na złożoność zjawiska, jest traktowana jako wyzwanie bądź realne zagrożenie dla współczesnej cywilizacji.

² *Ibidem*.

³ *Geoengineering Responses to Climate Change Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, ed. T. Lenton, N. Vaughan, New York 2013, s. 2–8.

Zmiana klimatu. Prawo międzynarodowe zmiany klimatycznej a geoinżynieria

Pojęcia zmiany klimatu używa się na określenie wzrostu średniej temperatury powierzchni na Ziemi. Naukowcy zajmujący się problematyką klimatu są zdania, że aktualnie pojawiające się anomalie pogodowe wynikają głównie z nadmiernego wykorzystywania przez ludzi paliw kopalnych, które z kolei uwalniają do atmosfery dwutlenek węgla oraz pozostałe gazy cieplarniane. Według świata naukowego, zaobserwowana zmienność warunków atmosferycznych oraz globalne ocieplenie stają się współcześnie wyzwaniem dla stabilności klimatu planety. W konsekwencji zmiany klimatyczne ingerują w dotychczasowe wzorce pogodowe, stając się tym samym realnym zagrożeniem dla produkcji żywności bądź zwiększając ryzyko katastrofalnych powodzi poprzez podnoszenie się poziomu mórz.

Należy jednak mieć na uwadze, iż efekt cieplarniany jest zjawiskiem naturalnym, bowiem umożliwia utrzymanie na ziemi warunków zapewniających egzystencję⁴. Występujące w atmosferze gazy (CO_2 , para wodna, podtlenek azotu, metan) absorbują część promieni słonecznych, utrzymując tym samym średnią temperaturę powierzchni ziemi na poziomie 15°C . W przeciwnym razie średnia temperatura wynosiłaby zaledwie -18°C , zatem uniemożliwiłaby rozwój życia na Ziemi. Natomiast zjawiskiem niebezpiecznym jest sytuacja, kiedy działalność człowieka powoduje niekontrolowany wzrost poziomu gazów cieplarnianych, co w konsekwencji przyczynia się do powstawania ekstremalnych zjawisk atmosferycznych.

Chcąc pozornie kontrolować efekt cieplarniany, naukowcy określili tzw. potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP, z ang. *global warming potential*) – wskaźnik zapewniający ilościową ocenę oddziaływania danej substancji na efekt cieplarniany. Dzięki GWP możemy dokonać komparatyki ilości ciepła zatrzymanego przez określoną masę gazu do ilości ciepła absorbowanego przez podobną masę CO_2 . GWP jest przeliczany dla określonego przedziału temporalnego wynoszącego odpowiednio 20, 100 lub 500 lat⁵.

Mianem prawa międzynarodowego zmiany klimatycznej określa się zespół norm prawnych, najczęściej tych o charakterze traktatowym, re-

⁴ O fakcie tym wspominał już w 1896 r. szwedzki fizyk i chemik Svante August Arrhenius, autor koncepcji globalnego ocieplenia klimatu. S.A. Arrhenius, *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 1896, Series 5, vol. 41, s. 237–276.

⁵ *Geoinżynieria a zmiany klimatu*, Odyssey, <https://odyssey.igf.edu.pl> (20.09.2022).

gulujących w sposób bezpośredni i pośredni wysiłki oraz aktywność środowiska międzynarodowego podejmowaną w związku z globalnymi konsekwencjami zmian zachodzących w obrębie klimatu. Zmiana klimatu w postaci globalnego ocieplenia jest utożsamiana ze współczesną istotną kwestią ochrony środowiska, implikującą pozostałe problemy natury społecznej, politycznej, etycznej, zdrowotnej, ekonomicznej, a także wojskowej. Zatem, zmiana klimatyczna wymusza niejako konkretną reakcję i podjęcie stosownych działań prawa międzynarodowego⁶.

Wszelkie obowiązujące regulacje zmiany klimatycznej w prawnym porządku międzynarodowym zostały usystematyzowane w kilka konkretnych segmentów⁷. Na segment pierwszy składają się reguły wskazujące na przyczyny i ewentualne następstwa zmian wywołanych zanieczyszczeniem środowiska naturalnego, a implikujące kondycję klimatu naszej planety. W segmencie tym znajdują się przede wszystkim regulacje organizacji międzynarodowych i regionalnych zajmujących się ochroną środowiska morskiego: Organizacji Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO)⁸, Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO)⁹, Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO)¹⁰. Zatem do najważniejszych dokumentów z tego segmentu norm zaliczamy: *Konwencję w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości* z 1979 roku¹¹ oraz *Konwencję wie-*

⁶ C. Mik, *Związanie Unii Europejskiej prawem międzynarodowym zmiany klimatycznej* [w:] *Zmiany klimatu w świetle prawa Unii Europejskiej i prawa polskiego na tle porównawczym*, red. C. Mik, A. Borek, Warszawa 2021, s. 17–18.

⁷ *Ibidem*, s. 18.

⁸ Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ang. *International Civil Aviation Organization*, ICAO) – wyspecjalizowana agenda ONZ, w której centrum zainteresowania znajduje się opracowywanie oraz implementacja międzynarodowych przepisów w zakresie bezpieczeństwa międzynarodowej żeglugi powietrznej na rzecz bezpiecznego i uporządkowanego rozwoju.

⁹ Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (ang. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO) – wyspecjalizowana organizacja ONZ podejmująca wysiłki zmierzające do walki z biedą i głodem, działania na rzecz podnoszenia dobrobytu poprzez redystrybucję żywności i rozwój obszarów wiejskich. Aktywność FAO skupia się w głównej mierze na państwach rozwijających się, które dążą do modernizacji rolnictwa.

¹⁰ W kręgu zainteresowań Międzynarodowej Organizacji Morskiej (ang. *International Maritime Organization*, IMO) pozostają kwestie morskie, zwłaszcza konieczność zapewnienia bezpieczeństwa na morzu oraz zapobiegania zanieczyszczeniu środowiska morskiego przez statki.

¹¹ Konwencja w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości sporządzona w Genewie dnia 13 listopada 1979 r. (Dz.U. 1985, nr 60, poz. 311).

deńską o ochronie warstwy ozonowej z 1985 roku¹². W segmencie drugim znalazły się traktaty określające reguły postępowania w obliczu zmiany klimatycznej. Tu zatem możemy wskazać *Konwencję Narodów Zjednoczonych dotyczącą zwalczania pustynnienia w państwach afrykańskich*¹³, borykających się z problemami suszy i pustynnienia, oraz regulacje i pozostałe ustalenia regionalne dotyczące zmiany klimatu. Ostatnim segmentem międzynarodowych aktów normatywnych są traktaty Organizacji Narodów Zjednoczonych zawierające przepisy *stricte* poruszające kwestię zapobiegania ociepleniu klimatu wraz z czynnościami na rzecz przeciwdziałania konsekwencjom tego zjawiska. Sztandarowymi dokumentami z tego segmentu są zatem: *Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu z 1992 roku*¹⁴, *Protokół z Kioto* dodany do tej Konwencji¹⁵ wraz z poprawką z Ad-Dausze z 8 grudnia 2012 roku¹⁶ oraz *Paryskie Porozumienie Klimatyczne UNFCCC (Paris Climate Agreement z 2015 roku)*¹⁷. W kręgu wspomnianych regulacji kluczowe wydają się przepisy *Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu z 1992 roku*, która ustanawia tzw. reżim prawny. Oznacza to, że wszelkie postanowienia i przepisy określone w Konwencji należy interpretować z uwzględnieniem treści aktów stanowiących jej uzupełnienie – protokołu z Kioto, poprawek oraz *Paryskiego Porozumienia Klimatycznego*¹⁸.

O ile w międzynarodowym porządku prawnym obowiązują normy odnoszące się bezpośrednio do zmiany klimatycznej, o tyle próżno szukać takich regulacji w kontekście inżynierii klimatu. Pomimo iż problematyka geoinżynierii stanowi współcześnie istotną kwestię, zauważalny jest deficyt porozumień i konkretnych mechanizmów egzekwujących

¹² Konwencja wiedeńska o ochronie warstwy ozonowej, sporządzona w Wiedniu dnia 22 marca 1985 r. (Dz.U. 1992, nr 98, poz. 488).

¹³ Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zwalczania pustynnienia w państwach dotkniętych poważnymi suszami i/lub pustynnieniem, zwłaszcza w Afryce, sporządzona w Paryżu dnia 17 czerwca 1994 r. (Dz.U. 2002, nr 185, poz. 1538).

¹⁴ Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzona w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r. (Dz.U. 1996, nr 53, poz. 238).

¹⁵ Protokół z Kioto do Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzony w Kioto dnia 11 grudnia 1997 r., (Dz.U. 2005, nr 203, poz. 1684).

¹⁶ Poprawka dauhańska do Protokołu z Kioto do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonego w Kioto dnia 11 grudnia 1997 r., sporządzona w Ad-Dausze dnia 8 grudnia 2012 r. (Dz.U. 2021, poz. 947).

¹⁷ Porozumienie paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r., przyjęte w Paryżu dnia 12 grudnia 2015 r. (Dz.U. 2017, poz. 36).

¹⁸ C. Mik, *op.cit.*, s. 21.

prawo w zakresie manipulowania klimatem. Wielu ekspertów jest zdania, iż geoinżynieria winna stać się dla środowiska międzynarodowego kluczowym problemem, który należy jak najszybciej rozwiązać¹⁹. Ponadto, co ciekawe, żaden z funkcjonujących współcześnie organów międzynarodowych nie nadzoruje prac nad geoinżynierią, a regulacje prawne wprost nie definiują nawet sposobów manipulowania klimatem. W obowiązującym prawie pojawiają się odniesienia pośrednie do kwestii geoinżynierii, jak chociażby w prawie morskim, jednak skupiają się w zasadzie wyłącznie na ewentualnych propozycjach regulacji prac geoinżynierskich²⁰.

W zasadzie jedyną regulacją²¹ odnoszącą się w jakikolwiek sposób (niemniej jednak sposób pośredni) do problematyki geoinżynierii jest rezolucja przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne ONZ w 1976 roku w postaci *Konwencji o zakazie militarnego i wrogiego używania technik modyfikacji środowiska naturalnego w celach militarnych lub jakichkolwiek innych celach wrogich*²². Zasadniczym jej celem było umocnienie pokoju na świecie i ograniczenie ówczesnego wyścigu zbrojeń, wraz z osiągnięciem powszechnego i całkowitego rozbrojenia. Sygnatariusze argumentowali inicjatywę koniecznością ochrony ludzkości od groźby użycia nowych środków prowadzenia działań zbrojnych. Świadomość postępującego rozwoju nauki i techniki, który bez wątpienia oddziałuje na środowisko naturalne, nakazała niejako odwołać się do przepisów *Deklaracji Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie naturalnego środowiska człowieka*, przyjętej w Sztokholmie 16 czerwca 1972 r.²³, zgodnie z którą ochrona środowiska uzyskała status jednej z kluczowych funkcji państwa.

¹⁹ D. Irving, *Geoinżynieria. Manipulowanie klimatem*, Wszystko co najważniejsze, <https://wszystkoconajwazniejsze.pl> (30.08.2022).

²⁰ Konwencja o morzu pełnym sporządzona w Genewie dnia 29 kwietnia 1958 r. (Dz.U. 1963, nr 33, poz. 187); Konwencja Narodów Zjednoczonych o prawie morza, sporządzona w Montego Bay dnia 10 grudnia 1982 r. – UNCLOS (Dz.U. 2002, nr 59 poz. 543).

²¹ Oczywiście możemy również wspomnieć o *Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu*, przyjętej w trakcie Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r., która miała zapobiegać groźnej antropogenicznej ingerencji klimatycznej oraz o *Konwencji o Różnorodności Biologicznej* z 1992 r. Jednakże pierwsza wspomniana konwencja nie ma znaczącego umocowania prawnego, aby zakazać sygnatariuszom modyfikacji klimatu, natomiast druga konwencja, pomimo przyjęcia przez państwa w 2010 r. tekstu o zakazie stosowania technik geoinżynierii klimatycznej, jest w zasadzie niewiążąca.

²² ENMOD – ang. *Environmental Modification*, modyfikacja środowiska naturalnego np. poprzez zmianę prądów oceanicznych, redukcję warstwy ozonowej bądź globalne ocieplenie.

²³ Tekst tzw. deklaracji sztokholmskiej, cyt. za: J. Ruszewski, *Dostęp do informacji o środowisku* [w:] K. Kocot, K. Wolfke, *Wybór dokumentów do nauki prawa międzynarodowego*, Wrocław–Warszawa 1976, s. 581–588.

Na mocy art. 1 Konwencja zobowiązuje sygnatariuszy do niewykorzystywania w celach militarnych, lub jakichkolwiek innych celach wrogich, technicznych środków oddziaływania na środowisko, powodujących rozległe, trwałe lub poważne następstwa, jako sposób generowania zniszczeń, wyrządzenia szkód lub strat jakiegokolwiek innemu państwu będącemu stroną dokumentu. Ponadto, przepisy Konwencji zobowiązują strony do nieudzielania pomocy, poparcia, ani nakłaniania żadnego państwa, grupy państw lub organizacji międzynarodowej do podejmowania działalności sprzecznej z zakazami określonymi w dokumencie²⁴. Art. 2 Konwencji definiuje techniczne środki oddziaływania na środowisko jako środki mające na celu, poprzez świadome kierowanie procesami naturalnymi, modyfikację dynamiki, składu bądź struktury Ziemi, nie wyłączając biosfery, litosfery, hydrosfery, a także atmosfery i przestrzeni kosmicznej. Przepisy Konwencji w art. 3 dopuszczają jedynie oddziaływanie na środowisko w celach pokojowych i nienaruszających powszechnie uznanych zasad oraz mających zastosowanie norm prawa międzynarodowego dotyczących takiego wykorzystania²⁵.

Niestety, we wspomnianej Konwencji brakuje jasnego zdefiniowania geoinżynierii klimatu wraz z szeregiem zagrożeń i konsekwencji jej zastosowania. Przepisy Konwencji nie mówią również wprost o obligatoryjnym blokowaniu wszelkich prac nad geoinżynierią klimatu. Stąd też uzasadnione obawy zagorzałych przeciwników geoinżynierii klimatu, że w niedalekiej perspektywie czasowej może ona zostać wykorzystana jako realna broń²⁶.

Geoinżynieria w praktyce

Geneza geoinżynierii klimatu ma podłoże militarne. Pierwsze próby kontroli klimatu zostały podjęte w 1946 roku przez Amerykanów, którzy używając środków chemicznych, wywoływali chmury. W 1965 roku ówczesny prezydent Stanów Zjednoczonych Ameryki został poinform-

²⁴ Konwencja o zakazie używania technicznych środków oddziaływania na środowisko w celach militarnych lub jakichkolwiek innych celach wrogich, otwarta do podpisania w Genewie dnia 18 maja 1977 r. (Dz.U. 1978, nr 31, poz. 132).

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ J.B., Horton, J.L. Reynolds, *The international politics of climate engineering: A review and prospectus for international relations*, „International Studies Review”, 2016, nr 18, s.438–461; J. Cascio, *Battlefield Earth. Foreign Policy*, 28 January 2009; D. Roberts, *What could possibly go wrong? Blotting out the sun*, „Popular Science”, 2011; A. Maas, J. Scheffran, *Climate conflicts 2.0? Climate engineering as a challenge for international peace and security*, „Security and Peace”, 2012, nr 30, s. 193–200.

omawiany o dokonujących się zmianach klimatycznych, a wyjaśniana mu geoinżynieria miała stać się odpowiedzią na kryzys spowodowany globalnym ociepleniem.

Zdaniem National Geographic Polska, współcześnie ponad 50 państw na świecie dopuszcza się manipulacji warunkami atmosferycznymi. Prym w tymże procederze wiodą: Federacja Rosyjska, USA oraz Chińska Republika Ludowa²⁷. Najpopularniejszymi praktykami są przede wszystkim: rozpraszanie przez specjalne samoloty chmur w celu uniknięcia deszczu bądź ograniczanie pojawiających się opadów poprzez kontrolowane zrzućty tzw. suchego lodu – zmrożonego dwutlenku węgla (coroczne działania praktykowane w Rosji przed Dniem Zwycięstwa) lub rozpylanie w dolnej warstwie chmur soli kuchennej, której zadaniem jest zwiększać krople, a w konsekwencji przekształcać chmury w deszcz (Australia, Indie, Indonezja, Tajlandia – działania podejmowane w strefie monsunów w porach suchych)²⁸. W 2020 roku do państw stosujących geoinżynierię dołączyły Arabia Saudyjska i Zjednoczone Emiraty Arabskie, które zaczęły podejmować próby łagodzenia suszy, powstrzymywania opadów, a nawet zazielenienia pustyni²⁹.

Równie ciekawa staje się metoda łagodzenia szkód wywołanych niszczycielskimi działaniami huraganów. Na uwagę zasługują inicjatywy USA po serii niszczycielskich huraganów w latach 2004–2005. Departament Bezpieczeństwa Krajowego USA zaprosił do współpracy naukowców, aby zmniejszyć intensywność huraganów, ograniczyć ich niszczycielską siłę, a przede wszystkim zmienić ich trajektorię. W 2008 roku Dyrekcja Nauki i Technologii Departamentu Bezpieczeństwa Krajowego sfinansowała wraz z Laboratoriami Badawczymi Systemów Ziemi (NOAA)³⁰ specjalne warsztaty, w ramach których opracowano realny plan działania w tym zakresie. Wspomniane warsztaty stały się swoistą podwaliną szerszego projektu HURRMIT oraz programów FutureTECH i HAMP³¹.

Projekt HURRMIT (*DHS – Hurricane Mitigation*) w swoim podstawowym zakresie obejmował próby modelowania i weryfikacji efektywności najbardziej realnych sposobów łagodzenia huraganów. Zatem,

²⁷ A. Hołdys, *Pogoda na życzenie: czy słońcem i deszczem można manipulować?*, National Geographic, <https://www.national-geographic.pl>, 28.04.2022 (25.08.2022).

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ *How soon can we expect rain in the UAE?*, You Tube, <https://www.youtube.com> (30.09.2022).

³⁰ Szerzej na temat NOAA zob. National Oceanic and Atmospheric Administration, <https://www.esrl.noaa.gov/> (25.08.2022).

³¹ *DHS HURRICANE MITIGATION: PROJECT HURRMIT AND HAMP*, Weather Modification History, <https://weathermodificationhistory.com> (25.08.2022).

badano wówczas skuteczność zasiewania chmur, posiłkując się danymi na temat huraganów oraz symulacjami. Natomiast program Future-TECH, oprócz badań nad szeroko pojętą innowacyjnością, koncentrował się również na sposobach łagodzenia skutków huraganów.

Z uwagi na słuszne obawy co do dwuznaczności geoinżynierii i możliwości niewłaściwego jej wykorzystania DHS wycofał się z prac nad badaniem nowych technologii ograniczających niszczycielską siłę huraganów oraz testów terenowych nad modyfikacją pogody. Podjęto wówczas decyzję o prowadzeniu badań wyłącznie o charakterze podstawowym, które miały skupić się głównie na zrozumieniu fenomenu huraganu w kontekście wpływu areozoli i mikrofizyki chmur. Współpraca z NOAA miała pomóc określać zmiany intensywności huraganów, zapewniając tym samym wzrost efektywności działania Federalnej Agencji Zarządzania Kryzysowego w razie ewentualnej ewakuacji ludności z terenów objętych kataklizmem.

DHS nie wykluczała nigdy powrotu do rozwiązań z zakresu geoinżynierii, a kolejny program HAMP (*Hurricane Aerosol Microphysics Program*), zaprezentowany przez Josepha Goldenę (związanego *notabene* z NOAA oraz projektem Stormfury³²) na konferencji Amerykańskiego Towarzystwa Meteorologicznego, skupiał się na obserwacji huraganów i prowadzeniu symulacji modelowych. Najprawdopodobniej wiele z działań prowadzonych przez rząd USA w ramach wykorzystywania geoinżynierii klimatu objętych było i jest klauzulą tajności, stąd też raporty konkretnych departamentów nie są publikowane w całości, a ich treści są mocno ograniczone, co więcej, obarczone poprawnością polityczną.

Ciekawym, choć tajnym projektem okazała się operacja Popeye (inaczej Projekt Popeye, Motorpool, Intermediary-Compatriot). Był to program modyfikacji pogody w południowo-wschodniej Azji w latach 1967–1972. W wyniku tzw. militaryzacji meteorologii Siły Powietrzne USA wykonały wówczas ponad 2600 lotów mających na celu zasiewanie chmur (uwalniając do atmosfery jodek srebra i jodek ołowiu) nad północnym i południowym Wietnamem, Laosem i Kambodżą. Chodziło

³² Projekt Stormfury, realizowany w latach 1962–1983, stanowił jeden z ambitniejszych eksperymentalnych programów badań nad modyfikacją huraganu. Dające nadzieję na częściowe okiełznanie żywiołu wyniki zostały jednak zakwestionowane w połowie lat 80. XX wieku. Obserwacje niezmodyfikowanych huraganów wykazały, że metoda zasiewania chmur ma w zasadzie niewielkie szanse powodzenia, gdyż huragany zawierają zbyt dużo naturalnego lodu i zbyt mało przechłodzonej wody. Projektowi Stormfury zarzucano wówczas, że rzekome sukcesy badawcze nie stanowią solidnej podstawy do kontynuacji metody, bowiem nie jest możliwa prognoza konsekwencji interwencji człowieka w naturalne zjawiska huraganów. *Project Stormfury*, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, <https://www.aoml.noaa.gov> (6.10.2022).

o przedłużenie sezonu monsunowego i znaczne ograniczenie wojsk północnowietnamskich³³. W 1974 r. odtajniono większość informacji na temat operacji Popeye, a w 1976 r. uchwalono wspomnianą wcześniej Konwencję ENMOD.

Współczesnym projektem z zakresu geoinżynierii klimatu jest niewątpliwie islandzki *start-up* Carbfix, zainicjowany w 2007 r., który skupia się na przekształcaniu CO₂ w kamień. Głównymi inwestorami prac są współzałożyciel Microsoft – Bill Gates oraz dyrektor generalny Tesli i SpaceX – Elon Musk. Tworzona w ramach Carbfix potężna instalacja ma wylapywać i magazynować CO₂, wpompowując go głęboko pod ziemię. Zaproponowana technologia ma stać się narzędziem do walki ze zmianami klimatycznymi³⁴.

Geoinżynieria w dyskursie naukowym

Bez wątplenia problematyka inżynierii klimatu budzi skrajne emocje i wywołuje wiele wręcz kontrowersyjnych skojarzeń. Nawet środowisko naukowe jest podzielone co do wykorzystywania geoinżynierii klimatu w praktyce, czego konsekwencją są liczne polemiki podejmowane w ramach konferencji i projektów międzynarodowych. W tym miejscu wypada powołać się chociażby na zakończony we wrześniu 2012 roku projekt *Implications and risks of engineering solar radiation to limit climate change*³⁵, realizowany w ramach *Specific Programme „Cooperation”: Environment (including Climate Change)*. Zwolennicy geoinżynierii są zdania, że jest to jedyna słuszna i konieczna droga do walki ze zmianami klimatycznymi. Przeważnie prezentują oni stanowisko, zgodnie z którym żyjemy we współczesnej epoce antropocenu, kończącej erę holocenu. Tzw. antropocen – era człowieka, akcentuje przemożny jego wpływ na losy współczesnego świata, planety, środowiska, zasobów wodnych itp.³⁶. Daleko idąca ingerencja człowieka sprawiła, że granice

³³ S.M. Hersh, *Rainmaking Is Used As Weapon by U.S.*, The New York Times, 3.07.1972, <https://www.nytimes.com> (20.06.2023).

³⁴ *We turn CO₂ into stone*, Carbfix, <https://www.carbfix.com/> (20.06.23).

³⁵ *Implications and risks of engineering solar radiation to limit climate change*, Cordis Europa, <https://cordis.europa.eu> (30.08.2022).

³⁶ Antropocen to określona przez badaczy nauk o Ziemi nowa epoka geologiczna, charakteryzująca się znaczącym stopniem ingerencji człowieka w systemy planetarne, co z kolei implikuje nieodwracalne straty (zakwaszanie oceanów, utrata raf koralowych, postępująca degradacja gleb), utratę bioróżnorodności oraz przekraczanie kolejnych ograniczeń planetarnych. Zdaniem zwolenników antropocenu, zmiana klimatyczna, wywołana działalnością człowieka w epoce industrialnej (poprzez emisję gazów cieplarni-

pomiędzy tym, co naturalne, a tym, co zmodyfikowane i sztuczne, zaczęły się zacierać. Zatem, powrót do obcowania z niezmienną naturą jest wręcz niemożliwy. Taki stan rzeczy stał się swoistym argumentem dla zwolenników inżynierii klimatu, w opinii których ingerencja w pogodę i środowisko jest niejako wpisana w epokę postnaturalną. Do grona współczesnych czołowych zwolenników geoinżynierii klimatu zaliczani są przede wszystkim: David Keith (fizyk), Ken Caldeira (fizyk zajmujący się klimatem), John Shepherd (zajmujący się klimatem) oraz Paul Crutzen (chemik atmosfery, meteorolog, zdobywca Nagrody Nobla z dziedziny chemii), a także Joseph E. Aldy i Richard Zeckhauser (profesorowie Uniwersytetu w Harvardzie zajmujący się polityką klimatyczną, energetyczną oraz zarządzaniem promieniowaniem słonecznym).

David Keith w 2015 r. wspominał o tzw. cierplivej geoinżynierii (ang. *patient geoengineering*). Zdaniem D. Keitha, praktyczna i odpowiedzialna geoinżynieria musi działać w sposób umiarkowany i responsywny. Poprzez umiarkowanie Keith rozumie świadomość, że nie jesteśmy w stanie całkowicie zniwelować zjawiska ocieplenia klimatu, a jedynie ograniczyć tempo tych zmian o połowę, co zdecydowanie zapewni największe korzyści przy jednoczesnym minimalnym ryzyku i niepożądanych konsekwencjach. Natomiast responsywność działań z zakresu geoinżynierii opiera się na aktywności ostrożnej, stopniowej, ściśle monitorowanej, tak aby odnieść zamierzone oczekiwania, nie wykluczając przy tym potencjalnego wycofania się z konkretnych projektów, jeśli zajdzie taka potrzeba. Z racji tego, iż Keith podkreśla, że w dalszym ciągu nie poznaliśmy do końca mechanizmu działania klimatu, program ograniczania ocieplenia musi opierać się na informacjach zwrotnych. Zatem, zarządzanie geoinżynierią musi być systemem, w którym kontrolę przejmą globalne organy zarządzające³⁷.

Paul Crutzen zaproponował, aby z ociepleniem klimatu walczyć poprzez wypuszczanie do wyższych części atmosfery cząsteczek siarki, które pomogłyby w ochłodzeniu klimatu³⁸. Pomysł, nad którym pracował już wcześniej jeden z rosyjskich naukowców, Crutzen tłumaczył wnikliwie w 2011 roku w trakcie spotkania w Parlamencie Europejskim.

nianych, nadmierną wycinkę lasów, hodowlę zwierząt i spalanie paliw kopalnych w transporcie, energetyce i przemyśle) stanowi zjawisko o wielowymiarowych konsekwencjach zarówno dla jednostek, jak i całej planety. Szerzej zob. P.J. Crutzen, E.F. Stoermer, *The „Anthropocene”*, „Global Change Newsletter”, 2000, nr 41, *passim*; E. Bińczyk, *Epoka człowieka. Retoryka i marazm antropocenu*, Warszawa 2018, *passim*.

³⁷ D. Keith, *Patient Geoengineering*, Youtube, <https://www.youtube.com> (15.03.2023).

³⁸ P.J. Crutzen, *Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?*, „Climatic Change”, 2006, vol. 77, s. 211–220.

Zdaniem Crutzena, warstwa siarki miała odbijać promienie słoneczne z powrotem w przestrzeń kosmiczną. Powodujący efekt cieplarniany dwutlenek węgla przepuszcza promienie w kierunku Ziemi, a blokuje wypromieniowanie w kosmos ciepła odbijanego przez jej powierzchnię. Tom Wigley, z którym współpracował Crutzen, poczynił symulacje komputerowe. Okazało się, że wypuszczenie do atmosfery 5 mln ton siarki mogłoby obniżyć temperaturę na Ziemi o 0,9 stopnia rocznie. Niestety, zaproponowana metoda jest obciążona istotnymi wadami, bowiem według Światowej Organizacji Zdrowia, związki siarki obecne w powietrzu mogą stać się przyczyną poważnych dolegliwości zdrowotnych (zwłaszcza układu oddechowego i krążenia) u ludzi na szerszą skalę³⁹.

Natomiast Joseph E. Aldy i Richard Zeckhauser w celu powstrzymania zmian klimatycznych proponują tzw. zarządzanie promieniowaniem słonecznym. Pomysł naukowców wpisuje się w zaprezentowane przez nich w 2020 roku trzy filary rozsądnej polityki klimatycznej⁴⁰. Zdaniem Aldego i Zeckhausera samoloty mają rozpylać w górnych warstwach atmosfery aerozole w postaci cząsteczek siarki, odbijając tym samym promieniowanie słoneczne i ograniczając średnie temperatury na naszej planecie. Co ciekawe, trend prowadzenia badań nad regulowaniem albedo, stosunku światła odbitego do światła padającego na Ziemię, staje się również popularny w środowisku politycznym i biznesowym, bowiem w geoinżynierię zaczynają inwestować Bill Gates, Jeff Bezos (szef Amazon) i Andrew Young (przedsiębiorca z politycznymi aspiracjami, który forsował ideę kosmicznych luster).

Naukowcy, ekologowie oraz inżynierowie, którzy opowiadają się za geoinżynierią klimatu, traktują ją w kategoriach dodatkowego środka niezbędnego do ustabilizowania klimatu, nie zaś jako alternatywę dla gospodarki niskoemisyjnej⁴¹. Natomiast krytycy takiego podejścia mówią wręcz o lekkomyślnym podejmowaniu ryzyka, wspominając jednocześnie o globalnych konsekwencjach geoinżynierii. Sceptycy tychże rozwiązań przywołują również perspektywę wyzwań krótko- i długoterminowych, którym trzeba będzie sprostać, wskazując przede wszystkim na niedostępność gruntów do zalesienia, co może doprowadzić do niekontrolowanego procesu przejmowania ziemi uprawnej lub pozostałych obszarów naturalnych.

³⁹ *Press information note on the launch of the WHO Global Air Quality Guidelines*, HEAL Polska, <https://healpolka.pl> (10.06.2023).

⁴⁰ J.E. Aldy, R. Zeckhauser, *Three Prongs for Prudent Climate Policy*, NBER, <https://www.nber.org> (20.03.2023).

⁴¹ *Curb emissions or face geoengineering uncertainty, report warns*, Cordis Europa, <https://cordis.europa.eu> (12.10.2022).

Prezentując stanowisko zagorzałych przeciwników geoinżynierii nie sposób nie odwołać się do koncepcji biokonserwatyizmu, do której zalicza się bardzo zróżnicowane poglądy m.in. Jurgena Habermasa, Leona Kassa, C.S. Lewisa, Jeremy'ego Rifkina, Francisa Fukuyamy oraz Michaela Sandela. Tzw. biokonserwatyści opowiadają się za racjonalnym podejściem do wykorzystywania innowacji technologicznych i biomedycznych, powołując się przede wszystkim na godność człowieka oraz względy religijne. Sceptycy bezrefleksyjnego wykorzystywania innowacji technologicznych propagują zasadę ostrożności, wręcz przezorności, upatrując w nowoczesnych rozwiązaniach tzw. ryzyka systemowego. Domagają się zatem weryfikacji badań nad implementacją nowinek technologicznych zarówno pod względem etycznym, jak i moralnym oraz socjologicznym⁴², zwłaszcza w kontekście popularnej inżynierii genetycznej. Sztandarowym zarzutem biokonserwatystów wobec rzekomych sukcesów nauki są niepożądane, nieprzewidywalne i niejednokrotnie nieodwracalne konsekwencje prawne, polityczne, a także społeczne.

W opozycji do transhumanistów biokonserwatyści odrzucają darwinowską koncepcję, która traktuje człowieka w kategoriach funkcjonalnych. Dla biokonserwatystów człowiek jest podmiotem działania, zatem zgodnie z tradycyjną filozofią moralności należy podkreślać jego zdolność do szeroko pojętej aktywności, co wynika poniekąd z wolnej woli, którą dysponuje jednostka⁴³.

W podejściu przeciwników geoinżynierii można doszukiwać się wielu podobieństw do podejścia biokonserwatystów w kontekście prezentowanych poglądów. Sceptycy inżynierii klimatu mówią wprost o „zabawie” z siłami natury, która zaburza i nieodwracalnie destabilizuje równowagę w przyrodzie. Są zdania, że geoinżynieria klimatu stanowi najprawdopodobniej jedno z większych zagrożeń dla biosfery, gdyż ma potencjał do utrwalania licznych autodestrukcyjnych pętli sprzężenia zwrotnego, które możemy obserwować już od dziesięcioleci. Wraz ze zjawiskami o podłożu antropogenicznym geoinżynieria stanowi znaczne obciążenie dla planetarnego środowiska życia.

Zagorzała przeciwniczka inżynierii klimatu Rosalind Peterson na konferencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu we wrześniu 2007 r. wskazała na konsekwencje zmian klimatycznych. W swoim wystąpieniu poruszyła nie tylko samą kwestię nieodwracalnych zmian,

⁴² Szerzej zob. J. Habermas, *Przyszłość natury ludzkiej. Czy zmierzamy do eugeniki liberalnej?*, Warszawa 2003.

⁴³ M. Soniewicka, *Transhumaniści kontra biokonserwatyści*, Znak, <https://www.miesiecznik.znak.com.pl> (30.08.2022).

ale również odniosła się do idei geoinżynierii. Zdaniem Peterson, geoinżynieria to termin obejmujący w swym zakresie znaczeniowym wysoce zaawansowane formy stosowanej nauki i technologii, nowoczesne środki chemiczne oraz materiały syntetyczne. W opinii R. Peterson geoinżynieria stała się naukowym naginaniem rzeczywistości fizycznej, zwłaszcza z uwagi na zestaw metod inżynierii odwróconej, które są łączone w celu uzyskania pożądanych wyników, niekoniecznie korzystnych dla przeciętnego obywatela globu⁴⁴.

R. Peterson wielokrotnie wskazywała na złożoność geoinżynierii, traktując ją w kategoriach eksperymentu. Podkreślała, że istnieje nieskończona liczba permutacji, które można wykonywać w dowolnym czasie i miejscu. R. Peterson wspominała o tzw. efekcie motyla, który nabrał nowego znaczenia w kontekście geoinżynierii, bowiem według R. Peterson nic nie dzieje się na naszej planecie w próżni. Zatem, im bardziej środowisko naukowe próbuje zaprojektować pogodę (choćaby poprzez manipulowanie huraganami, tornadami czy poprzez tworzenie chmur deszczowych), tym bardziej efekt bumerangu jest zauważalny⁴⁵. Niefortunne, choć przecież celowe i świadome, próby manipulowania warunkami atmosferycznymi i klimatem w ogóle, a także próby wprowadzania drastycznych zmian we wzorcach pogodowych powodują, że na terenach dotychczas obfitujących w opady deszczu obserwujemy wręcz suszę i odwrotnie. Dynamika meteorologiczna dla obu tych radykalnych zmian może być bezpośrednią konsekwencją geoinżynierii. Wzorce pogodowe na naszej planecie uległy daleko idącym przeobrażeniom i już nigdy nie powrócą do stanu pierwotnego.

Kolejnym naukowcem, wysuwającym krytyczne uwagi na temat geoinżynierii, jest emerytowana prof. Judith Curry, związana z Uniwersytetem Georgia Institute of Technology. Zdaniem J. Curry, klimat podlegał od zawsze ciągłym zmianom. Curry, powołując się na aferę „Climategate” z 2009 roku, wielokrotnie wspominała o fałszowaniu wyników badań raportu IPCC (ang. *The Intergovernmental Panel on Climate Change*), poddając pod rozwagę kwestię zmiany klimatu spowodowaną działalnością człowieka, skłaniając się raczej ku naturalnej zmienności procesów zachodzących na naszej planecie⁴⁶.

⁴⁴ *Rosalind Peterson Presents at 2007 UN Session on Global Warming*, You Tube, <https://www.youtube.com> (12.09.2022).

⁴⁵ *Ibidem*.

⁴⁶ *Climatologist Breaks the Silence on Global Warming*, You Tube, <https://www.youtube.com> (19.10.2022).

Zakończenie

Współcześnie geoinżynieria w praktycznej odsłonie jawi się przeważnie w kategoriach teorii spiskowych. Jest to charakterystyczne zwłaszcza dla dyskursu publicznego. Najczęściej określanie popularnych *chemtrails* mianem geoinżynierii wzbudza prześmiewcze opinie⁴⁷. Jednakże istnienie tego zjawiska potwierdzają naukowcy zajmujący się zmianami klimatycznymi, którzy próbują obalić teorię o globalnym ociepleniu jako zagrożeniu dla naszej planety. Jesteśmy świadomi, iż to, co współcześnie zakrawa na fantastykę naukową, w niedalekiej przyszłości może okazać się rzeczywistością strategiczną, zwłaszcza w kontekście wojen hybrydowych. Zatem, problematyka zmian klimatycznych, a tym samym ryzyko globalnej katastrofy nimi spowodowanej, wymaga powszechnej i stanowczej reakcji ze strony środowiska międzynarodowego. Jest to zjawisko złożone, które powinno uwzględniać holistyczne podejście do współczesnych relacji pomiędzy państwami, wprowadzając pożądane zmiany w wielu istotnych obszarach, przede wszystkim w polityce bezpieczeństwa, polityce energetycznej i polityce gospodarczej⁴⁸. Powszechne wysiłki na rzecz redefinicji określonych polityk są niezwykle trudne i skomplikowane, bowiem angażują wiele podmiotów. Dlatego też zastosowanie rozwiązań alternatywnych, np. w postaci geoinżynierii klimatu, cieszy się coraz większym zainteresowaniem.

Wykorzystywanie technologii geoinżynieryjnych w celu redukcji zmian klimatycznych ma swoich zwolenników i zagorzałych przeciwników. Środowisko naukowców, upatrujących w geoinżynierii realnej szansy na skuteczne rozwiązanie problemów klimatycznych, jest zdania, że w obliczu współczesnych zagrożeń klimatycznych proponowane rozwiązania powoli stają się w zasadzie koniecznością. Jednakże przeciwnicy geoinżynierii, oskarżani niejednokrotnie o propagowanie teorii spiskowych, swoje stanowisko argumentują kwestiami prawnymi,

⁴⁷ Szerzej na temat faktów i mitów *chemtrails* zob.: E. Morley, *Environment, Food and Rural Affairs: Aircraft Pollution*, t. Column 315W, House of Commons UK, 8.11.2005, <https://publications.parliament.uk> (15.03.2023); C. Bell, *The people who think governments control the weather*, BBC News, 31.01.2018, <https://www.bbc.com> (15.03.2023); *Conspiracy Theorists Look Up, Some Argue Jet Contrails are U.S. Chemical Spray*, Akron Beacon Journal, 2002, <https://nl.newsbank.com> (15.03.2023); O. Smith, *Incredible contrail made by Boeing 787 – what causes them, and are they part of a global conspiracy?*, The Telegraph, 4.07.2017, <https://www.telegraph.co.uk> (15.03.2023); A. Kardaś, *Mit: Rząd Światowy kontroluje klimat za pomocą chemtrails*, Nauka o klimacie, <https://naukaoklimacie.pl> (15.03.2023).

⁴⁸ E. Bińczyk, *Inżynieria klimatu a inżynieria człowieka. Dyskursy na temat środowiska w epoce antropocenu*, „Ethos”, 2015, nr 3, s. 162–163.

etycznymi, a zwłaszcza praktycznymi, związanymi z wątpliwą skutecznością technologii geoinżynierijnych, powodujących liczne skutki uboczne nie tylko dla środowiska naturalnego, ale przede wszystkim dla życia i zdrowia człowieka.

Pomijając konkretne argumenty zwolenników oraz przeciwników geoinżynierii, bez wątpienia kwestia ta nadal pozostaje enigmatyczna. W zależności od kontekstu wykorzystania geoinżynierii w dalszym ciągu jest utożsamiana raczej z wyzwaniem, co więcej, realnym zagrożeniem, niż traktowana w kategoriach szansy na ograniczenie zmian klimatycznych.

Bibliografia

- Aldy J.E., Zeckhauser R., *Three Prongs for Prudent Climate Policy*, NBER, <https://www.nber.org> (20.03.2023).
- Arrhenius S.A., *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 1896, Series 5, vol. 41.
- Bell C., *The people who think governments control the weather*, BBC News, 31.01.2018, <https://www.bbc.com> (15.03.2023).
- Bińczyk E., *Epoka człowieka. Retoryka i marazm antropocenu*, Warszawa 2018.
- Bińczyk E., *Inżynieria klimatu a inżynieria człowieka. Dyskursy na temat środowiska w epoce antropocenu*, „Ethos”, 2015, nr 3.
- Cascio J., *Battlefield Earth. Foreign Policy*, 28 January 2009.
- Conspiracy Theorists Look Up, Some Argue Jet Contrails are U.S. Chemical Spray*, Akron Beacon Journal, 2002, <https://nl.newsbank.com> (15.03.2023).
- Crutzen P.J., *Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?*, „Climatic Change”, 2006, vol. 77.
- Crutzen P.J., Stoermer E. F., *The „Anthropocene”*, „Global Change Newsletter”, 2000, nr 41.
- Curb emissions or face geoengineering uncertainty, report warns*, Cordis Europa, <https://cordis.europa.eu> (12.10.2022).
- DHS HURRICANE MITIGATION: PROJECT HURRMIT AND HAMP*, Weather Modification History, <https://weathermodificationhistory.com> (25.08.2022).
- Geoengineering Responses to Climate Change Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, ed. T. Lenton, N. Vaughan, New York 2013.
- Geoinżynieria a zmiany klimatu*, Odyssey, <https://odyssey.igf.edu.pl> (20.09.2022).
- Geoinżynieria*, Inżynieria środowiska, <https://inzynieriasrodowiska.com.pl> (19.08.2022).
- Habermas J., *Przyszłość natury ludzkiej. Czy mierzymy do eugeniki liberalnej?*, Warszawa 2003.
- Hersh S.M., *Rainmaking Is Used As Weapon by U.S.*, The New York Times, 3.07.1972, <https://www.nytimes.com> (20.06.2023).
- Hołdys A., *Pogoda na życzenie: czy słońcem i deszczem można manipulować?*, 28.04.2022, National Geographic, <https://www.national-geographic.pl> (25.08.2022).
- Horton J.B., Reynolds J.L., *The international politics of climate engineering: A review and prospectus for international relations*, „International Studies Review”, 2016, nr 18.

- How soon can we expect rain in the UAE?*, You Tube, <https://www.youtube.com> (30.09.2022).
- Implications and risks of engineering solar radiation to limit climate change*, Cordis Europa, <https://cordis.europa.eu> (30.08.2022).
- Irving D., *Geoinżynieria. Manipulowanie klimatem*, Wszystko co najważniejsze, <https://wszystkoconajwazniejsze.pl> (30.08.2022).
- Kardaś A., *Mit: Rząd Światowy kontroluje klimat za pomocą chemtrails*, Nauka o klimacie, <https://naukaoklimacie.pl> (15.03.2023).
- Keith D., *Patient Geoengineering*, Youtube, <https://www.youtube.com> (15.03.2023).
- Konwencja Narodów Zjednoczonych o prawie morza, sporządzona w Montego Bay dnia 10 grudnia 1982 r. – UNCLOS (Dz.U. 2002, nr 59 poz. 543).
- Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zwalczania pustynnienia w państwach dotkniętych poważnymi suszami i/lub pustynnieniem, zwłaszcza w Afryce, sporządzona w Paryżu dnia 17 czerwca 1994 r. (Dz.U. 2002, nr 185, poz. 1538).
- Konwencja o morzu pełnym sporządzona w Genewie dnia 29 kwietnia 1958 r. (Dz.U. 1963, nr 33, poz. 187).
- Konwencja o zakazie używania technicznych środków oddziaływania na środowisko w celach militarnych lub jakichkolwiek innych celach wrogich, otwarta do podpisania w Genewie dnia 18 maja 1977 r. (Dz.U. 1978, nr 31, poz. 132).
- Konwencja w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości sporządzona w Genewie dnia 13 listopada 1979 r. (Dz.U. 1985, nr 60, poz. 311).
- Konwencja wiedeńska o ochronie warstwy ozonowej, sporządzona w Wiedniu dnia 22 marca 1985 r. (Dz.U. 1992, nr 98, poz. 488).
- Maas A., Scheffran J., *Climate conflicts 2.0? Climate engineering as a challenge for international peace and security*, „Security and Peace”, 2012, nr 30.
- Mik C., *Związanie Unii Europejskiej prawem międzynarodowym zmiany klimatycznej* [w:] *Zmiany klimatu w świetle prawa Unii Europejskiej i prawa polskiego na tle porównawczym*, red. C. Mik, A. Borek, Warszawa 2021.
- Morley E., *Environment, Food and Rural Affairs: Aircraft Pollution*, t. Column 315W, House of Commons UK, 8.11.2005, <https://publications.parliament.uk> (15.03.2023).
- National Oceanic and Atmospheric Administration, <https://www.esrl.noaa.gov> (25.08.2022).
- Pisarczyk S., *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego*, Warszawa 2020.
- Poprawka dauhańska do Protokołu z Kioto do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonego w Kioto dnia 11 grudnia 1997 r., sporządzona w Ad-Dausze dnia 8 grudnia 2012 r. (Dz.U. 2021, poz. 947).
- Porozumienie paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r., przyjęte w Paryżu dnia 12 grudnia 2015 r. (Dz.U. 2017, poz. 36).
- Press information note on the launch of the WHO Global Air Quality Guidelines*, HEAL Polska, <https://healpolska.pl> (10.06.2023).
- Project Stormfury*, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, <https://www.aoml.noaa.gov> (6.10.2022).
- Protokół z Kioto do Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzony w Kioto dnia 11 grudnia 1997 r. (Dz.U. 2005, nr 203, poz. 1684).
- Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzona w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r. (Dz.U. 1996, nr 53, poz. 238).
- Roberts D., *What could possibly go wrong? Blotting out the sun*, „Popular Science”, 2011.

Rosalind Peterson Presents at 2007 UN Session on Global Warming, You Tube, <https://www.youtube.com> (12.09.2022).

Smith O., *Incredible contrail made by Boeing 787 – what causes them, and are they part of a global conspiracy?*, The Telegraph, 4.07.2017, <https://www.telegraph.co.uk> (15.03.2023).

Soniewicka M., *Transhumaniści kontra biokonserwatyści*, Znak, <https://www.miesiecznik.znak.com.pl> (30.08.2022).

We turn CO2 into stone, Carbfix, <https://www.carbfix.com/> (20.06.23).

Climate geoengineering in scientific discourse – challenge or threat of the modern world?

Summary

Although geoengineering is a discipline emerged in the 1960s, it still needs to be explored. At its core, as a deliberate global activity, geoengineering is primarily intended to lead to controlled interference and manipulation of our planet's environment. In this article, the author has attempted to set in order views on modern climate geoengineering, while analyzing the theoretical and practical approaches to this issue.

Keywords: climate, climate change, climate geoengineering, environment