

## Dodatnie sprzężenia zwrotne

1. Poniższy opis łączy podwodną wieczną zmarzlinę i hydraty metanu w Arktyce. Te dwa źródła metanu są wystarczająco podobne, aby uzasadnić rozpatrywanie ich we wzajemnym powiązaniu. \*\* [Korporacja MSNBC wiedziała o uwolnieniu metanu z dna Oceanu Arktycznego w roku 2007](#). Zadziwiające jest to, że dzisiaj fakt ten jest przez redakcję ignorowany. \*\*

Okolo 250 pióropuszy hydratów metanu wydostaje się z płytkiego arktycznego dna morskiego, prawdopodobnie w wyniku wzrostu regionalnej temperatury o 1°C, [o czym poinformowano 6 sierpnia 2009 w Geophysical Research Letters](#). Metan [wydobywający się z Oceanu Arktycznego](#) opisano dodatkowo w [Science z marca 2010](#). [W kolejnej analizie na łamach Geophysical Research Letters z czerwca 2010](#) stwierdzono, że niewielki wzrost temperatury spowoduje [uwolnienie do 16.000 ton metanu rocznie](#). Burze przyspieszają emisje [według badania z 24 listopada 2013 w Nature Geoscience](#). Ostatnia analiza [konkluduje również, że Wschodni Syberyjski Szelf Kontynentalny uwalnia rocznie do atmosfery co najmniej 17 teragramów metanu; 7 lat wcześniej wartość ta wynosiła zaledwie 0.5 teragramów](#) (teragram to 1 milion ton). Według [projektu NASA CARVE pióropusze metanu miały szerokość do 150 km w połowie lipca 2013](#). Spodziewany jest wzrost średniej globalnej temperatury o ponad 4°C przed rokiem 2030 i 10°C przed 2040 wyłącznie na podstawie emisji metanu z Oceanu Arktycznego – wykazała to [analiza Sama Carany \(proszę przyrzeć się szczególnie ilustracji nr 24\)](#). Tymczasem [prognoza Malcolma Lighta z 9 lutego 2012 o możliwej zagładzie życia na Ziemi do połowy XXI wieku](#) pojawiła się przedwcześnie, ponieważ jego konkluzja o wykładniczym uwolnieniu metanu latem 2011 została oparta na danych, które zostały zrewidowane i wygładzone przez amerykańskie agencje rządowe. Kolejne ujawnione informacje – zwłaszcza z projektu CARVE – wskazują, że istnieje poważne zagrożenie katastrofalnymi emisjami metanu. (Wątpię, aby cywilizacja przemysłowa była w stanie unicestwić całe planetarne życie, ale do tego najwyraźniej zmierza.) Katastrofalnie szybkie uwalnianie metanu w Arktyce dodatkowo potwierdza [wyczerpująca analiza Nafeeza Ahmeda na łamach Guardian z 5 sierpnia 2013](#) oraz [Natalii Szakowej \(badacz Wschodniego Syberyjskiego Szelfu Kontynentalnego\) w wywiadzie z Nickiem Breeze z 29 lipca 2013](#) (proszę zwrócić uwagę na wyraz zaniepokojenia pojawiający się na jej twarzy w 8 minucie rozmowy). Wydanie [Geophysical Research Letters z 16 sierpnia 2013 zawiera raport z syberyjskiego Morza Karskiego](#), gdzie „region arktycznego szelfu z rozległymi emisjami gazu z dna morskiego sugeruje, iż wieczna zmarzlina doświadczyła znacznie poważniejszej degradacji, niż wcześniej sądzono.” Na początku listopada 2013 [poziomy metanu o wartości znacznie przekraczającej 2.600 ppb odnotowano na różnych wysokościach Arktyki](#). W tym samym miesiącu zespół Szakowej opublikował w [Nature Geoscience analizę, która sugeruje](#), że „ze Wschodniego Syberyjskiego Szelfu Kontynentalnego uwalniane są znaczące ilości metanu” i podkreśla, że [erupcja metanu o wartości pięćdziesięciu miliardów ton może ogrzać Ziemię o 1.3°C](#). Takie zdarzenie jest [“wysoce prawdopodobne w każdej chwili.”](#)

Do [15 grudnia 2013 metan ulatniający się z dna Oceanu Arktycznego miał dość siły, aby zapobiec tworzeniu się lodu morskiego na tym obszarze](#). Prawie dwa lata po swojej wstępnej, często lekceważonej analizie Malcolm Light [sformułował 22 grudnia 2013 wniosek](#), że „przekroczyliśmy punkt krytyczny hydratów metanu i obecnie przyspieszamy w stronę wymarcia, ponieważ ‚działo klatratu’ wystrzeliwuje salwy metanu do atmosfery Arktyki”. Według analizy Lighta z końca 2013, temperatura atmosfery Ziemi będzie przypominać

atmosferę Wenus jeszcze przed rokiem 2100. Dwa tygodnie później, w eseju akcentującym wyginięcie gatunku ludzkiego w bliskiej przyszłości, Light [stwierdza](#): „Tempo przenoszenia prądu zatokowego uruchomiło w Arktyce ‚działo klatratu metanu’ w 2007 roku, kiedy jego energia/rok przekroczyła 10 milionów razy ilość energii/rok niezbędnej do dysocjacji arktycznych hydratów metanu.” Nic dziwnego, że nastąpiło to w 2007 roku, [kiedy zasięg arktycznego lodu morskiego osiągnął punkt krytyczny](#). Uruchomienie ‚działa klatratu metanu’ potwierdza również Örjan Gustafsson z Uniwersytetu w Sztokholmie, który [w dniu 23 lipca 2014 podzielił się raportem z rejsu po Morzu Łaptiewów](#): „Wyniki wstępnych analiz próbek wody morskiej wykazały poziom rozpuszczonego metanu, który jest od 10 do 50 razy wyższy niż poziom tła.” [Glacjolog] Jason Box [odpowiada na tę wiadomość w zachowawczy sposób – niczego innego nie spodziewam się po naukowcach akademickich – w dniu 27 lipca 2014 roku](#): „Jakie znaczenie ma według mnie ta wiadomość? Podwyższony poziom atmosferycznego węgla ze spalania paliw kopalnych jest mechanizmem spustowym szturchającym klimatycznego smoka. Trajektoria, którą zdążamy prowadzić do obudzenia niekontrolowanego ogrzania klimatu, które zdevastuje globalne systemy rolne, powodując masowy głód i konflikty. W porównaniu z nimi wzrost poziomu morza będzie drobnostką.” Później, [podczas wywiadu z Vice opublikowanego 1 sierpnia 2014](#), Box nieco się rozluźnił mówiąc, „Nawet jeśli niewielki ułamek arktycznego węgla został uwolniony do atmosfery, mamy przesrane.” Zaufaj mi Jason, jest po wszystkim.

Równoległe z misją na Morzu Łaptiewów na Syberii odkryto kilka ogromnych dziur. Wstępna reakcja w literaturze naukowej, [analiza opublikowana 31 lipca 2014 w Nature, wskazuje na poziom atmosferycznego metanu 50.000 razy wyższy od normalnego](#). Artykuł z [4 sierpnia 2014 w TruthOut rozważa kwestię kraterów](#): „Jeśli kiedykolwiek zastanawialiście się, czy może zobaczycie koniec znanego nam świata za swojego życia, prawdopodobnie nie powinniście czytać tego artykułu, studiować wykresów, ani patrzeć na zdjęcia utworzonych przez metan kraterów zwanych *smoczym oddechem*.”

Jeden z autorów dwóch prac badawczych dotyczących syberyjskiego Morza Karskiego [w dniu 22 grudnia 2014 stwierdził](#): „Jeśli temperatura oceanów wzrośnie o dwa stopnie, jak sugerują pewne raporty, to nastąpi ekstremalne przyspieszenie topnienia. Ocieplający się klimat może doprowadzić do wybuchowego uwolnienia gazu z pływaczni.” Jak już wiadomo od kilku lat, wzrost o 2°C jest już przesądzony.

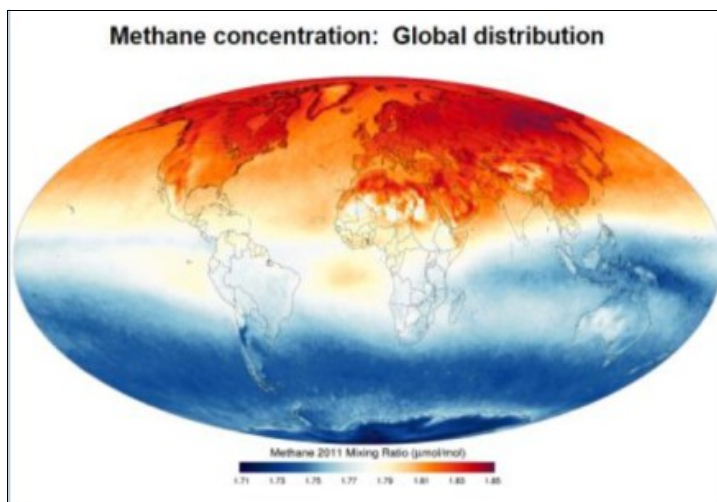
Pod koniec lutego 2015 w mediach popularnych powróciła [saga o syberyjskich kraterach, które są „liczniejsze i bardziej przerażające niż ktokolwiek przypuszczał](#).” Oczywiście raporty koncentrują się na skutkach gospodarczych i potrzebie dalszych badań.

Wagi metanu nie sposób wyolbrzymić. Coraz więcej dowodów wskazuje na emisję metanu jako główną przyczynę *Wymierania permskiego*, o czym informuje [Proceedings of the National Academy of Sciences, numer z 31 marca 2014](#). Jak poinformował [14 lipca 2014 Malcolm Light](#): „W podmorskich hydratarkach Arktyki zalegają tak ogromne rezerwy metanu, że nawet jeśli uwolnionych zostanie tylko kilka procent, doprowadzi to do wzrostu średniej temperatury ziemskiej atmosfery o 10°C i wywoła masowe wymieranie na skalę permskiego, które zakończy życie nas wszystkich.”

Dyskusja na temat uwolnienia metanu z Oceanu Arktycznego stała się gorąca (gra słów zamierzona). [Fizyk-klimatolog] Paul Beckwith został skrytykowany przez zachowawczą witrynę *Skeptical Science*. Jego odpowiedź z dnia 9 sierpnia

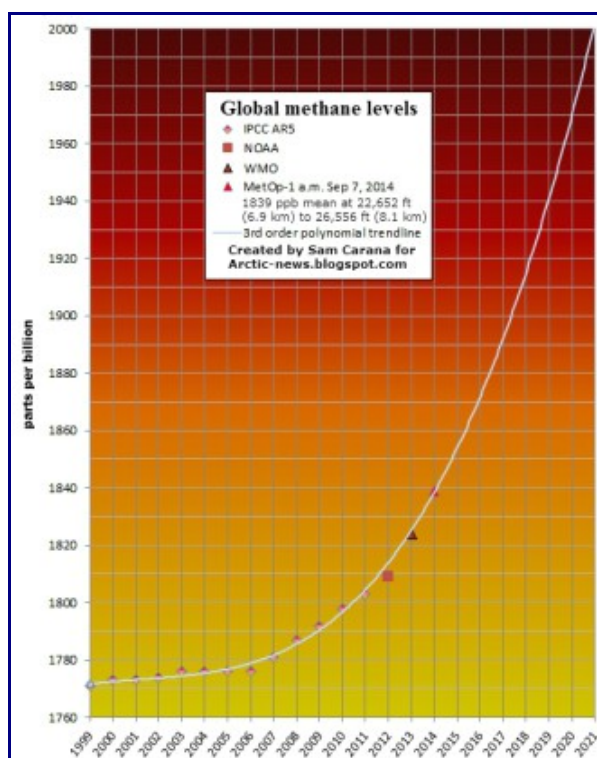
2013 znajduje się [tutaj](#).

24 lutego 2014 Robert Scribbler przedstawia porażające podsumowanie i [kończy](#): „W Oceanie Arktycznym zaobserwowano dwa szczególnie duże i niepokojące wybuchy metanu z morskiego dna do atmosfery.” Takie zdarzenie nie miało miejsca w ciągu ostatnich 45 milionów lat. Ostateczna konkluzja Scribblera: „Wygląda na to, że nadszedł czas niebezpiecznego i wybuchowego przebudzenia.”



Koncentracja metanu: Globalna dystrybucja [źródło: NASA]

Sam Carana w [analizie z 10 września 2014](#) zamieścił poniższy wykres. Sporządzony na podstawie danych z kilku wiarygodnych źródeł [Międzypaństwowy Zespół ds. Zmian Klimatu, Amerykańska Narodowa Służba Oceaniczna i Meteorologiczna, Światowa Organizacja Meteorologiczna, Meteorologiczny Operacyjny program satelitarny], wyraźnie pokazuje, że trwa wykładnicze uwalnianie metanu. Robert Scribbler [w końcu dochodzi do tego samego wniosku 8 grudnia 2014 roku](#).



Globalne poziomy emisji metanu [źródło: Arctic News]

2. Ciepła woda Atlantyku rozmraża Arktykę, przebijając się przez Cieśninę Fram (Science, styczeń 2011). Zasięg arktycznego lodu morskiego przekroczył punkt krytyczny w 2007 [według badania opublikowanego w The Cryosphere w lutym 2013](#). W dniu 6 października 2012 [TruthOut](#) przytacza wypowiedź Petera Wadhamsa, profesora fizyki oceanów na Uniwersytecie w Cambridge: „Arktyka może być wolna od lodu już latem 2015. Taka ogromna utrata wywołałaby ocieplenie będące odpowiednikiem całej dotychczasowej działalności człowieka. Innymi słowy Arktyka pozbawiona lodu w porze letniej podwoiłaby tempo ocieplenia całej planety.” Późniejsze topnienie arktycznego lodu zmniejsza *albedo*, zwiększając tym samym absorpcję energii słonecznej. Według [oceny NASA z dnia 17 grudnia 2014](#) „ilość wchłanianego w Arktyce promieniowania słonecznego w czerwcu, lipcu i sierpniu wzrosła o pięć procent” w stosunku do roku 2000. „Ta uśredniona w skali globalnej zmiana *albedo* stanowi ekwiwalent 25% bezpośredniego wymuszania [*ang. forcing*] ze strony CO<sub>2</sub> w ciągu ostatnich 30 lat,” stwierdza [badanie opublikowane 17 lutego 2014 przez Proceedings of the National Academy of Sciences](#). Destabilizacja głębokiej cyrkulacji w Atlantyku może odnotować „[raczej spazmatyczny i nagły, a nie bardziej stopniowy wzrost](#),” [którego oczekiwano](#), czytamy w [badaniu na łamach Science z 21 lutego 2014](#). Modele wciąż zaniżają skalę i intensywność zjawisk w porównaniu z obserwacjami, [podaje](#) 10 marca 2014 [Geophysical Research Letters](#).

3. Syberyjskie kominy metanu powiększyły swoją średnicę: latem 2010 miała mniej niż metr, w 2011 wynosiła już około kilometra (*Tellus*, luty 2011). Według [analizy przedstawionej w Science 12 kwietnia 2013](#) „[poważna emisja metanu jest niemalże nieunikniona](#)” – zastanawiam się, gdzie do tej pory ukrywali się jej autorzy. *Niemalże nieunikniona* – donoszą na temat *trwającego* wydarzenia. [Drzewa przewracają się i obumierają wraz z topnieniem wiecznej zmarzliny](#), co ilustruje sposób, w jaki samowzmacniające się sprzężenia zwrotne karmią się nawzajem.

4. Torf w światowych lasach borealnych rozkłada się w oszałamiającym tempie (*Nature Communications*, listopad 2011).

5. Inwazja wysokich krzewów ogrzewa glebę i destabilizuje wieczną zmarzlinę (*Environmental Research Letters*, marzec 2012).

6. [Lód Grenlandii ciemnieje](#) (*The Cryosphere*, czerwiec 2012). Jak podano w [Nature Geoscience z 8 czerwca 2014](#), „zmniejszenie *albedo* świeżego śniegu o 0.01 prowadzi do rocznej utraty masy powierzchniowej o wartości 27 gigaton [27 miliardów ton metrycznych]”. [„Każde zmniejszenie albedo jest katastrofą,” mówi Peter Wadhams, dyrektor Grupy ds. Fizyki Oceanów Polarnych przy Uniwersytecie w Cambridge](#). Jak zauważył [Robert Scribblers w dniu 1 sierpnia 2014](#), usunęliśmy zatyczkę i trwa przyspieszenie przypominające odpływ wody z wanny: „Rozległe ciemnienie powierzchni lodolodu, zwłaszcza w pobliżu jego krawędzi, sprawia, że pochłania on więcej energii słonecznej. Ostatnie badania wykazały, że konsekwencją topnienia obrzeża jest destabilizacja i przyspieszenie prędkości odpływów z lodowca z uwagi na fakt, że jego krawędź tradycyjnie działa jak ściana powstrzymująca bardziej centralną i gęstszą pokrywę lodową.” [Badanie zamieszczone 15 grudnia 2014 w Proceedings of National Academy of Sciences](#) przedstawia pierwszy kompleksowy obraz zanikającego lodu Grenlandii i konkluduje, iż „Grenlandia może w najbliższej przyszłości utracić lód szybciej, niż dotychczas sądzono.”

7. Antarktyda także uwalnia metan (*Nature*, sierpień 2012). Zgodnie z [raportem](#)

[opublikowanym w \*Scientific Reports\* z 24 lipca 2013](#), tempo topnienia w Antarktyce [zrównało się z Arktyką](#). Zachodnia Pokrywa Lodowa Antarktydy traci ponad 150 kilometrów kwadratowych lodu rocznie [według obserwacji CryoSat opublikowanych 11 grudnia 2013](#), natomiast kruszący się Lodowiec Szelfowy Larsena B zmierza ku ostatecznemu upadkowi [według Teda Scambosa, glaciologa Narodowego Centrum Danych o Śniegu i Lodzie \[the National Snow and Ice Data Center\]](#), który poinformował o tym podczas [dorocznego spotkania Amerykańskiego Związku Geofizycznego \[American Geophysical Union\]](#). Badanie opublikowane [12 września 2014 przez \*Nature\*](#) stwierdziło, że poważne załamanie Lodowca Szelfowego Larsena B w 2002 roku było wynikiem ciepłych, lokalnych temperatur powietrza, co wskazuje na znaczący wpływ globalnego i lokalnego ocieplenia na dynamikę lodu. [Dwa dni później badanie w \*Nature Climate Change\* wykazało](#), że ta wrażliwość na temperaturę unaocznia, „iż przyszły wzrost intensywności opadów raczej nie zdoła zrównoważyć wywołanego ogrzaniem atmosfery topnienia peryferyjnych lodowców Półwyspu Antarktycznego.” [Tempo utraty pokrywy lodowej w okresie 2010-2013 było dwukrotnie wyższe niż w latach 2005-2010, co ustaliło badanie wyznaczone do publikacji w \*Geophysical Research Letters\*](#). \*\* Klimatolog [NASA Eric Rignot](#) stwierdza na początku 2015 roku, że „bezpiecznik jest spalony.” Rignot objaśnia ten „porażający moment” i wskazuje na zupełną nieudolność klimatologów w wyjaśnieniu tej sytuacji opinii publicznej. Według [badania opisanego w \*Science\* w wydaniu z 26 marca 2015](#), „Tempo utraty lodu Antarktydy Zachodniej wzrosło w ostatnim dziesięcioleciu o 70%, natomiast wcześniejszy przyrost objętości szelfów lodowych Antarktydy Wschodniej zatrzymał się.” \*\* Utrata lodu Antarktydy przyspiesza nawet na obszarach długo uznawanych za stabilne, [co dokumentuje \*Scientific Reports\* w edycji z 24 lipca 2014](#). [Kolejne potwierdzenie intensywnych emisji metanu ujawniają polarne chmury mezosferyczne nad półkulą południową w dniach 21 listopada 2013 – 6 grudnia 2013 r.](#)

8. Rosyjskie pożary lasów i trzęsawisk stają się coraz częstsze (NASA, sierpień 2012), zjawisko [widoczne na całej półkuli północnej](#) (*Nature Communications*, lipiec 2013). *New York Times* [informuje](#) o cieplejszych, suchych warunkach wzniesających ogromne pożary w zachodniej części Ameryki Północnej jako „nowej normie” w wydaniu z 1 lipca 2013. [Analiza w \*Proceedings of the National Academy of Sciences\* z 22 lipca 2013](#) demonstruje, że lasy borealne płoną w tempie przewyższającym wyniki z ostatnich 10.000 lat. Według doniesień Międzyagencyjnego Centrum Pożarowego Kanady [całkowita liczba hektarów strawionych przez ogień na początku lata 2014 jest sześć razy wyższa od średniej powierzchni sezonowej](#). To tempo spalania jest bezprecedensowe nie tylko dla bieżącego stulecia, lecz także dla każdego okresu w zapisie leśnego podłoża Kanady z ostatnich 10.000 lat. [Kompleksowa ocena spalania biomasy, opublikowana 21 lipca 2014 w \*Journal of Geophysical Research: Atmospheres\*](#), tłumaczy większość średniego wzrostu globalnej temperatury i wyjaśnia, że spalanie biomasy powoduje więcej globalnego ocieplenia na jednostkę masy niż inne węglowe źródła związane z działalnością ludzi. [Na początku sierpnia 2014 pożary tundry szalały zaledwie 110 km na południe od wód Oceanu Arktycznego i tworzyły własną pogodę poprzez chmury \*pyrocumulus\*](#).

Źródła podpaień także wzbierają. Według [badania opublikowanego w \*Science\* z 14 listopada 2014](#), każdy skok średniej globalnej temperatury o 1°C przyczynia się do wzrostu liczby wyładowań atmosferycznych o  $12 \pm 5\%$ .

9. [Pęknięcie lodowców przyspiesza w obecności zwiększonego stężenia dwutlenku węgla](#) (*Journal of Physics D: Applied Physics*, październik 2012).

10. [Wir Morza Beauforta najwidoczniej zmienił kurs \(US National Snow and Ice Data Center, październik 2012\)](#). Mechanikę tego procesu [wyjaśnia Woods Hole Oceanographic Institution](#).

11. [Wystawienie na działanie światła słonecznego zwiększa bakteryjną konwersję gruntowego węgla, tym samym przyspieszając topnienie wiecznej zmarzliny \(Proceedings of the National Academy of Sciences, maj 2013\)](#). Można się spodziewać, że późniejsze całkowite uwolnienie węgla “co najmniej podwoi jego straty netto w emisjach tundra-atmosfera”, [informuje Ecology w numerze z marca 2014](#). Arktyczna wieczna zmarzlina mieści połowę dwutlenku węgla zgromadzonego w glebie Ziemi – [według szacunków NASA od 1.400 do 1.850 petagramów](#). Ocieplenie zmienia chemię torfu, co przyspiesza ten proces – stwierdza analiza opublikowana przez [Proceedings of the National Academy of Sciences w numerze z 7 kwietnia 2014](#).

12. Mikroby także dołączyły, co potwierdza [raport New Scientist z 23 lutego 2013](#). [Późniejsze badanie zamieszczone w Nature z 22 października 2014](#) ilustruje [kluczową rolę pojedynczego gatunku drobnoustroju, który potęguje zmiany klimatyczne](#).

13. [Letnie topnienie lodu Antarktydy jest na najwyższym poziomie od tysiąca lat: topnieje 10 razy szybciej niż 600 lat temu, a największe przyspieszenie nastąpiło w ciągu ostatnich 50 lat \(Nature Geoscience, kwiecień 2013\)](#). [Według badania w Geophysical Research Letters z 4 marca 2014](#) – które zakłada stosunkowo niewielkie zmiany w temperaturze regionalnej w nadchodzących dekadach – „modelowane letnie koncentracje lodu morskiego zmniejszą się o 56% do roku 2050 i 78% do roku 2100” (dogłębna analiza Roberta Scribblera znajduje się [tutaj](#)). Cytując badania przygotowane do publikacji na łamach *Science* i *Geophysical Research Letters*, *New York Times* w [numerze z 12 maja 2014 donosi](#): “Duży fragment potężnej pokrywy lodowej Antarktydy Zachodniej zaczyna się rozpadać; dalsze topnienie wygląda na niemożliwe do powstrzymania. [...] To nowe odkrycie najwyraźniej jest spełnieniem prognozy sformułowanej w 1978 roku przez glaciologa John H. Mercera z Uniwersytetu Stanowego w Ohio. Opisał delikatną naturę pokrywy lodowej Antarktydy Zachodniej i ostrzegł, że szybka, antropogeniczna emisja gazów cieplarnianych „grozi katastrofą.” Chociaż naukowcy od dawna wyrażają zaniepokojenie niestabilnością Pokrywy Lodowej Zachodniego Atlantyku (WAIS), badanie opublikowane 28 sierpnia 2013 w *Nature* [unaocznia, że Pokrywa Lodowa Wschodniego Atlantyku \(EAIS\) uległa w ostatnim półwieczu szybkim przeobrażeniom](#). To największa pokrywa lodowa na świecie i wcześniej sądzono, że zmiany klimatu jej nie dotkną. Nagłe przeobrażenia sygnalizują potencjalne zagrożenie dla globalnego poziomu mórz. EAIS posiada wystarczającą ilość wody, aby podnieść poziom mórz o ponad 50 metrów. Zgodnie z badaniem przedstawionym w *Geophysical Research Letters* z lipca 2014, od roku 1950 wiatry zachodnie półkuli południowej ulegają wzmocnieniu i przesunięciu w stronę bieguna, co przyspiesza tempo topnienia do tego stopnia, że – zgadłeś [Czytelniku] – [„wyniki zaszokowały badaczy”](#). [Referat wygłoszony pod koniec 2014 roku podczas spotkania Amerykańskiego Związku Geofizycznego konkluduje](#): „Wyczerpująca, 21-letnia analiza najszybciej zanikającego regionu Antarktydy odkryła, że w ciągu ostatniej dekady tempo topnienia tamtejszych lodowców uległo potrojeniu.” (Oznacza to, że co dwa lata następuje utrata lodu o ilości będącej odpowiednikiem Mount Everestu; przyp. tłum.) \*\* [16 marca 2015 internetowa edycja Nature Geoscience potęguje dramatyczną sytuację identyfikując oddolne topnienie lodowca Totten](#). \*\*

14. Wzrost temperatury i redukcja opadów w południowo-zachodniej części środkowej Ameryki Północnej [ułatwia przemieszczanie pyłu z położonych niżej pustyń do położonych wyżej pokryw śnieżnych](#), przyspieszając topnienie śniegu, informuje *Hydrology and Earth System Sciences*, numer z 17 maja 2013.

15. [Powodzie w Kanadzie wysyłają pylastą wodę przez Deltę Mackenzie do Morza Beauforta, barwiąc szeroki pas Oceanu Arktycznego w pobliżu delty na brązowo](#) (NASA, czerwiec 2013). Zdjęcia tego zjawiska znajdują się na [tej witrynie NASA](#).

16. Powierzchniowe wody roztopowe przeciekające przez pęknięcia w pokrywie lodowej mogą ogrzać pokrywę od wewnątrz, zmniejszając lód i przyspieszając jego przepływ, [stwierdza badanie przyjęte do publikacji w Journal of Geophysical Research: Earth Surface](#) (lipiec 2013). Dodatkowe potwierdzenie tych ustaleń [zostało zawarte 29 września 2014 roku w Nature Communications](#). Wygląda na to, że na Grenlandii zainicjowane zostało Zdarzenie Heinricha. Oto jego opis autorstwa [Roberta Scribblera z 8 sierpnia 2013](#):

W Zdarzeniu Heinricha siły topnienia w końcu osiągają punkt krytyczny. Ciepłsza woda znacznie zmniejsza pokrywę lodową. Strumienie wody płyną pod lodem. Lodowe baseny stają się wielkimi jeziorami, które mogą rozlać się zarówno po powierzchni lodu, jak i pod nim. Mogą utworzyć duże lodowe tamy (sic). Przez cały ten czas ruch lodu i topnienie przyspiesza. Wreszcie osiągnięty zostaje główny punkt zwrotny i jedno duże zdarzenie lub nieprzerwana ich seria powoduje, że uwolnione zostaje mnóstwo wody i lodu, a pokrywa lodowa przechodzi w całkowicie chaotyczny stan. Tsunami stopionej wody wylewa się, niosąc flotyllę (sic) lodowych gór (sic), w znacznym stopniu podnosząc poziom morza. Wtedy zaczyna szaleć naprawdę paskudna pogoda. W przypadku Grenlandii linią ognia takich wydarzeń jest cały Północny Atlantyk i ostatecznie półkula północna.

17. Załamanie termohalinowego pasa transmisyjnego [zachodzi zarówno na Antarktydzie, jak i w Arktyce](#), co prowadzi do [topnienia zmarzliny Antarktydy](#) (*Scientific Reports*, lipiec 2013). [W ciągu ostatnich 60 lat powierzchnia oceanu u wybrzeży Antarktydy stała się mniej słona ze względu na topniejące lodowce i bardziej intensywne opady atmosferyczne](#), odnotowuje *Nature Climate Change* z 2 marca 2014.

18. Utrata arktycznego lodu morskiego zmniejsza gradient temperatury pomiędzy biegunami i równikiem, co [powoduje zwolnienie i meandrowanie prądu strumieniowego](#) (warto zapoznać się zwłaszcza z [analizą Jennifer Francis](#)). [Najbardziej ekstremalny „dipol” w historii odnotowano w sezonie 2013-2014](#), o czym [poinformowało pismo Geophysical Research Letters](#). Jednym z rezultatów jest utworzenie [bloków pogodowych, takich jak niedawne, bardzo wysokie temperatury na Alasce](#). O tzw. „wirze polarnym” szeroko informowano w Stanach Zjednoczonych w 2013 i [zwrócił uwagę społeczności akademickiej](#), ponieważ susza 2013-2014 zagraża produkcji roślin uprawnych w Kalifornii. Ekstremalne zjawiska pogodowe już mają miejsce, donosi *Nature Climate Change* z 22 czerwca 2014. Atmosferyczne wydarzenia zwane Falami Rossby'ego występują coraz częściej, o czym [informuje Proceedings of National Academy of Sciences w wydaniu z 11 sierpnia 2014](#). [Badanie, którego współautorką była Francis, zamieszczone 6 stycznia 2015 w Environmental Research Letters](#) zawiera w swojej konkluzji takie oto stwierdzenie: „Wyniki te sugerują, że w miarę dalszego ocieplenia Arktyki – przebiegającego szybciej niż na pozostałym obszarze planety w odpowiedzi na rosnące koncentracje gazów

cieplarnianych – częstotliwość występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, spowodowanych przez utrzymujące się wzory zachowania prądu strumieniowego, wzrośnie.”

Jedną z [konsekwencji „wiru polarnego” jest to, że borealny torf wysycha i staje się łatwopalny niczym pokład węgla](#). Sadza trafia następnie do atmosfery, opada ponownie, powlekając powierzchnię lodu w innym miejscu, co zmniejsza *albedo* i przyspiesza topnienie. Każde z tych indywidualnych zjawisk bywa odnotowane w mediach sporadycznie; na ile mi wiadomo nikt dotychczas tych punktów nie połączył. Niezdolność lub niechęć mediów w tej kwestii nie zaskakuje (niedawno wspomniano o tym [tutaj](#) w odniesieniu do zmian klimatu i pożarów – lipiec 2013).

19. [Arktyczny lód jest coraz ciemniejszy, tym samym odbija mniej słonecznego światła](#) (*Nature Climate Change*, sierpień 2013).

20. [Ekstremalne zdarzenia pogodowe napędzają zmiany klimatu](#) (*Nature*, 15 sierpnia 2013). Szczegóły objaśnia modelowanie w *Global Biogeochemical Cycles* z 6 czerwca 2014.

21. Wywołana suszą śmiertelność drzew przyczynia się do zwiększenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery wskutek dekompozycji i zmniejszenia sekwestracji atmosferycznego dwutlenku węgla. Taką śmiertelność udokumentowano na całym świecie przynajmniej od [listopada 2000](#) (*Nature*); ostatnie podsumowanie obejmujące tropiki pojawiło się w *Nature* z [lutego 2013](#), natomiast zestawienie dotyczące umiarkowanej Ameryki Północnej opublikowano we *Frontiers in Plant Science* z sierpnia 2013.

Jeden bardzo ważny przykład tego zjawiska występuje w Amazonii, gdzie susza z 2010 doprowadziła do uwolnienia dwutlenku węgla w ilości większej niż odnotowane w tym samym roku emisje w Stanach Zjednoczonych (*Science*, luty 2011). Ponadto trwające w regionie wylesianie odpowiada za redukcję opadów, której tempo jest znacznie szybsze niż sądzono, [jak donosi Geophysical Research Letters z 19 lipca 2013](#). Przekrojowe omówienie zjawiska, skoncentrowane na Amazonii, [przedstawiła 5 marca 2014 Climate News Network](#). \*\* „Obserwowany spadek zdolności wchłaniania dwutlenku węgla przez Amazonię odbiega znacznie od niedawnego wzrostu globalnej absorpcji węgla i jest sprzeczny z oczekiwaniami bazującymi na modelach,” [stwierdziła praca opublikowana 19 marca 2015 w Nature](#). \*\*

Tropikalne lasy deszczowe, które długo uznawano za główny regulator atmosferycznego dwutlenku węgla niebawem utracą tę pozycję. Według [badania opublikowanego w Nature](#) 21 maja 2014, „wyższe tempo obiegu węglowej puli w biomach półpustynnych jest coraz ważniejszym regulatorem rocznej zmienności globalnego cyklu węglowego,” co wskazuje na wyłaniającą się rolę suchego lądu w kontrolowaniu warunków środowiskowych. [„Z powodu wycinki deszczowych lasów tropikalnych Brazylii utracone zostało znacznie więcej węgla, niż zakładano wcześniej.”](#) W rzeczywistości „fragmentacja lasu odpowiada za jedną piątą dwutlenku węgla emitowanego przez roślinność.” [Wyniki te zamieszczono 7 października 2014 w Nature Communications](#).

22. [Zakwaszenie oceanów prowadzi do redukcji wydalania siarczku dimetylu \(DMS\) przez plankton](#). DMS osłania Ziemię przed promieniowaniem. (*Nature Climate Change*, 25 sierpnia 2013). Plankton tworzy podstawę morskiego łańcucha pokarmowego i znajduje się [na krawędzi całkowitego zaniku](#), [ujawnia badanie](#) opublikowane w *Global Change Biology* z 17 października 2013. Podobnie jak [emisje dwutlenku węgla zakwaszenie oceanów postępuje szybko](#),



ustaliło badanie opublikowane w *Global Biogeochemical Cycles* z 26 marca 2014.

23. Meduzy przyjęły podstawową rolę w oceanach świata (Wydanie *New York Times Review of Books* z 26 września 2013, recenzja książki Lisy-Ann Gershwin „Ukluci! O rozkwicie meduz i przyszłości oceanów”): „Tworzymy świat bardziej przypominający późny prekambry niż koniec XIX wieku – świat, w którym meduzy panowały w morzach, a organizmy z muszlami nie istniały. Tworzymy świat, w którym my/ludzie wkrótce możemy nie być w stanie ani przetrwać, ani wykrzesać na przetrwanie chęci.” Meduzy przyczyniają się do zmian klimatycznych poprzez (1) wydalenie bogatych w węgiel odchodów i śluzu, wykorzystywanych przez bakterie do oddychania, co zamienia je w fabryki dwutlenku węgla, a także (2) poprzez konsumowanie ogromnej liczby widłonogów i innego planktonu.

24. Wzrost poziomu morza powoduje załamania zboczy, tsunami i emisje metanu, (*Geology* wrzesień 2013) We wschodniej Syberii prędkość erozji wybrzeża wzrosła blisko dwukrotnie podczas ostatnich czterech dekad wskutek topnienia wiecznej zmarzliny.

25. Wzrost temperatury oceanu zakłóci naturalne cykle dwutlenku węgla, azotu i fosforu, zmniejszając tym samym ilość planktonu (*Nature Climate Change*, wrzesień 2013). Ocieplenie oceanu zostało poważnie zaniżone od 1970 roku, ustaliło badanie opublikowane w internetowej edycji *Nature Climate Change* z dnia 5 października 2014 roku. Zwłaszcza górne 700 metrów oceanicznych wód półkuli południowej ogrzało się po 1970 roku dwukrotnie szybciej, niż sądzono. Według artykułu zamieszczonego na łamach *Guardiana* w dniu 22 stycznia 2015 „oceany nagrzewają się tak szybko, że wykresom naukowców skończyła się skala.”

26. Trzęsienia ziemi prowadzą do uwolnienia metanu, a będące tego konsekwencją dalsze ocieplenie wywołuje trzęsienia ziemi, donosi Sam Carana z Arctic Methane Emergency Group (październik 2013).

27. Małe rozlewiska w Kanadyjskiej Arktyce uwalniają znacznie więcej metanu niż się spodziewano (*PLoS ONE*, listopad 2013). Jest to pierwszy z wielu ekosystemów słodkowodnych, które emitują do atmosfery metan – ich przegląd zawiera edycja *Nature* z 19 marca 2014. Ich opis pojawił się następnie w wyczerpującym badaniu na łamach *Global Change Biology* z 28 kwietnia 2014. Według *Nature Geoscience* z 20 maja 2012 roku uwalnianie metanu z tych źródeł w Arktyce i Grenlandii „oznacza, że w ocieplającym się klimacie dezintegracja wiecznej zmarzliny, lodowców i części polarnych lądolodów może ułatwić szybkie wyrzucenie metanu wolnego od 14/C, uwięzionego przez czapę kriosfery.”

Mechanizm uwalniania metanu w tych systemach jest słabo rozpoznany. Jeśli proces napędzany jest przez światło słoneczne, jak sugeruje badanie w *Science* z 22 sierpnia 2014 roku, wówczas można spodziewać się jego wzmocnienia, ponieważ rozlewiska i jeziora będą coraz bardziej narażone na oddziaływanie promieni słonecznych.

28. Mieszanie prądu strumieniowego także jest katalizatorem. Wysokie emisje metanu następują po załamaniu prądu strumieniowego, co było przyczyną dawnych wzrostów globalnej temperatury do poziomu 16°C na przestrzeni dekady lub dwudziestu lat (Paul Beckwith, 19 grudnia 2013).

29. Badania wykazują, że „w miarę postępującego ocieplenia planety powstaje

coraz mniej chmur; oznacza to, że mniejsza ilość światła słonecznego odbijana jest z powrotem w przestrzeń kosmiczną, co powoduje dalszy wzrost temperatur” ([Nature, styczeń 2014](#)).

30. „Topnienie wiecznej zmarzliny sprzyja mikrobiologicznej degradacji węgla – zarówno nowego, jak i poddanego krio-sekwestracji – co prowadzi do biogennej produkcji metanu” ([Nature Communications, luty 2014](#)).

31. [Nad tropikalnym zachodnim Pacyfikiem znajduje się naturalna i niedostrzegalna dziura rozciągająca się na tysiące kilometrów w warstwie, która z racji swojego składu chemicznego uniemożliwia transport większości naturalnych i wytworzonych przez człowieka substancji do stratosfery. Wzorem windy wiele związków chemicznych uwalnianych na powierzchni przechodzi w związku z tym nieprzefiltrowanych przez tzw. „warstwę detergentową” atmosfery. Globalne emisje metanu z terenów podmokłych wynoszą aktualnie około 165 teragramów \(megaton\) rocznie. Badanie to szacuje, że roczne emisje z tych źródeł wzrosną o 17 – 260 megaton. Dla porównania, całkowita roczna emisja metanu ze wszystkich źródeł \(z wkładem ludzkim łącznie\) to około 600 megaton.](#) ([Nature Geoscience, luty 2014](#)).

32. „Wulkanolog Bill McGuire opisuje, jak szybkie topnienie lodowców i pokrywy lodowej w wyniku zmiany klimatu może spowodować wybuchy wulkanów, trzęsienia ziemi i tsunami.” ([The Guardian, 13 lutego 2014](#)) Według pracy badawczej opublikowanej w Internecie [5 lutego 2015 przez Geophysical Research Letters](#), „[Wbrew oczekiwaniom podwodne wulkany wybuchają w nagłych seriach, a nie w powolnym tempie.](#)”

33. Głębokie prądy oceaniczne najwyraźniej zwalniają. Według jednego z autorów badania, „będziemy najprawdopodobniej świadkami mniejszej oceanicznej absorpcji wyprodukowanego przez człowieka, antropogenicznego ciepła i dwutlenku węgla, co czyni ten proces dodatnim sprzężeniem zwrotnym zmian klimatycznych”. [Ze względu na to, że zjawisko to przyczyniło się do ochłodzenia i zatopienia połynii Weddella, “zawsze istnieje możliwość, że potężna połynia zdoła pojawić się ponownie w następnym stuleciu. Jeżeli tak się stanie, pojedyncza erupcja ocieplenia uwolni z głębokiego oceanu nagromadzone przez dekady ciepło i węgiel.](#) ([Nature Climate Change, luty 2014](#); wyniki modelowania wskazują na „dużą przestrzenną redystrybucję oceanicznego węgla”, informuje w marcowym numerze [Journal of Climate](#)).

34. [Zwiększony atmosferyczny dwutlenek węgla sprawia, że mikroby żyjące w ziemi produkują więcej dwutlenku węgla](#) ([Science, 2 maja 2014](#)).

35. Redukcja sezonowej pokrywy lodu w Arktyce „spowoduje większe fale, które z kolei będą mechanizmem łamania lodu i przyspieszania procesu jego wycofania” ([Geophysical Research Letters, 5 maja 2014](#)).

36. Rozległa, ogromna ukryta sieć metanu zamrożonego i metanu w postaci gazowej, wraz z dziesiątkami spektakularnych pióropuszy wydobywających się z morskiego dna, została wykryta u wybrzeży Wyspy Północnej Nowej Zelandii (wstępne rezultaty przedstawione w [New Zealand Herald, numer z 12 maja 2014](#)). Pierwsze dowody na powszechne aktywne wycieki metanu w Oceanie Południowym, u brzegów pod-antarktycznej wyspy Georgia Południowa, zostały przedstawione 1 października 2013 w [Earth and Planetary Science Letters](#).

37. [Jak donosi Nature Geoscience z 8 czerwca 2014, wzrost globalnych temperatur może zwiększyć ilość dwutlenku węgla uwalnianego naturalnie przez oceany świata, intensyfikując zmianę klimatu.](#)

38. W miarę postępującego wzrostu średniej globalnej temperatury, „koncentracje pary wodnej również zwiększą się w odpowiedzi na ocieplenie. Z kolei zawilgocenie atmosfery absorbuje więcej ciepła i dodatkowo podnosi temperaturę Ziemi” (*Proceedings of the National Academy of Science*, 28 lipca 2014).

39. Spółeczności mikrobów żyjących w glebie uwalniają niespodziewanie więcej dwutlenku węgla, gdy rośnie temperatura (*Nature*, 4 września 2014). W efekcie „zmagazynowany w znacznej ilości w Arktyce i glebach borealnych węgiel może być bardziej podatny na ocieplenie klimatu niż się obecnie przewiduje.”

40. „Na koniec ostatniego zlodowacenia siła upwellingu południowej, polarnej odnogi cyrkulacji termohalinowej Atlantyku była zróżnicowana, co zmieniło wentylację i stratyfikację termiczną na obszarze wysokich szerokości geograficznych Oceanu Południowego. W tym samym okresie nastąpiły co najmniej dwie fazy gwałtownego wzrostu globalnego poziomu morza – tzw. pulsy roztopowe.” Innymi słowy, gdy ocean otaczający Antarktydę uległ większemu rozwarstwieniu termicznemu, ciepła woda roztopiła pokrywę lodową szybciej niż w okresie mniejszej stratyfikacji oceanu (*Nature Communications*, 29 września 2014). \*\* Robert Scribbler określa AMOC (Atlantycką Południkową Cyrkulację Wymienną) jako „serce systemu oceanu światowego.” 23 marca 2015 internetowe wydanie *Climatic Change* informuje, iż spowolnienie AMOC jest „poważne” i związane z topnieniem lodu na Grenlandii. To wyhamowanie z przełomu wieków najwyraźniej jest zjawiskiem wyjątkowym co najmniej od tysiąca lat. \*\*

41. „Otwarte wody oceanu są znacznie mniej efektywne niż lód morski w emitowaniu zakresu dalekiej podczerwieni widma optycznego. Oznacza to, że Ocean Arktyczny zatrzymuje większość energii promieniowania w dalekiej podczerwieni – zjawisko dotychczas nieznanne, które prawdopodobnie przyczynia się do ocieplenia klimatu polarnego.” (*Proceedings of the National Academy of Sciences*, listopad 2014).

42. Ciemny śnieg nie ogranicza się już do Grenlandii. Występuje prawie na całej półkuli północnej, o czym poinformował 25 listopada 2014 magazyn *Geophysical Research Letters*. Opis tego zjawiska autorstwa Erica Holthausa, opublikowany 13 stycznia 2015 przez *Slate*, zawiera cytat wypowiedzi jednego z naukowców zaangażowanych w projekt badawczy: „Modele klimatyczne muszą dodać proces, którego obecnie nie zawierają, ponieważ ma on duży wpływ na klimat.” Innymi słowy, tak jak w przypadku pozostałych głównych pętli samonapędzających się sprzężeń zwrotnych, współczesne modele nie uwzględniają ciemnego śniegu.

43. „Reprezentacja stratosferycznego ozonu w modelach klimatycznych może mieć pierwszorzędny wpływ na szacunki faktycznej wrażliwości klimatu.” (*Nature Climate Change*, grudzień 2014).

44. „Podczas gdy naukowcy są zdania, że globalne ocieplenie uwolni metan z hydratów na całym świecie, uwaga skupiona jest głównie na złożach w Arktyce. Niniejsze badanie szacuje, że w latach 1970-2013 dekompozycja hydratów u wybrzeży stanu Waszyngton wywołała emisję około 4 milionów ton metanu. Roczna ilość odpowiada w tym wypadku wartości metanu uwolnionego w 2010 roku przez platformę Deepwater Horizon u wybrzeży Luizjany i 500 razy przekracza tempo naturalnych emisji z dna morskiego.” (*Geophysical Research Letters*, wersja internetowa z 5 grudnia 2014).

45. „Wzrost uwalnianego przez ludzi, atmosferycznego dwutlenku węgla może

zainicjować reakcję łańcuchową między roślinami i mikroorganizmami, która zdestabilizuje jeden z największych pokładów węgla na planecie – glebę.” (*Nature Climate Change*, grudzień 2014)

46. Zwiększona temperatura oceanu przyczynia się do redukcji akumulowanego w nim dwutlenku węgla. „Wyniki każą wnioskować, że prognozowane przyszłe wzrosty temperatury oceanu spowodują zmniejszenie ilości CO<sub>2</sub> zmagazynowanego przez oceany.” (*Proceedings of National Academy of Sciences*, styczeń 2015)

47. Według badania z 19 stycznia 2015 w *Nature Geoscience* topniejące lodowce w znaczący sposób zwiększają koncentracje węgla w atmosferze i „około 13% rocznego, rozpuszczonego w lodowcach strumienia organicznego węgla jest wynikiem utraty masy lodowców. Prognozuje się, że będą one przyspieszać.”

48. Administracja Obamy nadała wierceniom wydobywczym w Arktyce status priorytetu w lecie 2012.

49. Supertankowce wykorzystują rozmokłą Arktykę – kolejny dowód na to, że każda katastrofa oznacza sposobność biznesową, o czym pisze profesor dziennikarstwa Michael I. Niman (*TruthOut; ArtVoice*, wrzesień 2013).