

Pozycja stratygraficzna antropocenu w czwartorzędzie

Leszek Marks¹



Stratigraphic setting of the Anthropocene in the Quaternary. Prz. Geol., 73: 11–17; doi: 10.7306/2025.2

Abstract. The beginning and the evolution of the term ‘Anthropocene’ are presented. This term reflects a rising human impact on the natural environment and is widely recognized in the public. After several years of deliberations among the geologists, a final proposal of the Anthropocene Working Group was submitted to the Subcommission on Quaternary Stratigraphy of the International Commission on Stratigraphy (ICS) to establish a new chronostratigraphic unit ‘the Anthropocene’, representing a series/epoch status and a GSSP at AD 1952. This proposal was not accepted by the ICS and the Executive Committee of the International Union of Geological Sciences. The Anthropocene cannot be a formal stratigraphic unit as it is spatially and temporally variable and its onset is not adequately represented by the isochronous boundary. On the other hand, the Anthropocene can be treated as a geological event, establishment of which does not need to pass through any formal procedure. Such approach means that we live still in the current interglacial of the Holocene Epoch. The Anthropocene as a concept will remain an invaluable descriptor of human-environment interactions and it will continue to be widely used not only by Earth and environmental scientists, but also by social scientists, politicians, economists and the public.

Keywords: Anthropocene, human impact, stratigraphy, geological event, International Union of Geological Sciences, International Commission on Stratigraphy

Oddziaływanie populacji ludzkiej na środowisko na Ziemi zaobserwował już w połowie XIX w. George Perkins Marsh (1801–1882), amerykański filolog i dyplomata we Włoszech, uznawany za pierwszego amerykańskiego ekologa i prekursora zrównoważonego rozwoju (por. Trauth, 1958). Wygłaszając referat dla Towarzystwa Rolniczego Hrabstwa Rutland w stanie Vermont, w 1847 r. stwierdził, że wycinanie lasów i osuszanie bagien wpływa na klimat lokalny i regionalny. W późniejszych publikacjach (Marsh, 1864, 1874) podkreślał znaczący wpływ działalności człowieka na powierzchnię Ziemi, wielokrotnie większy i z natury inny niż spowodowany przez zwierzęta. I chociaż nie mógł zmienić wielkości opadów, promieniowania słonecznego, występowania mrozu czy śniegu, to miał niewątpliwy udział w stopniowej transformacji klimatu. Człowiek spowodował, jego zdaniem, wzrost średniej temperatury w Londynie o 1–2°C, a wycinanie lasów może prowadzić do pustynnienia. Książka Marsha (1864) została wydana w języku włoskim w 1872 r., stanowiąc zapewne inspirację dla Antonio Stoppaniego (1824–1891), włoskiego księdza katolickiego i patrioty oraz profesora geologii i paleontologii politechniki królewskiej w Mediolanie, który w 1873 r. zaproponował termin *era antropozoiczna* dla okresu geologicznego zapoczątkowanego stworzeniem człowieka (Turpin, Federighi, 2012). Wpływ człowieka na środowisko zauważyli także ukraiński mineralog i geochemik Vladimir Vernadsky (1863–1945) oraz francuski teolog, filozof, antropolog i paleontolog Pierre Teilhard de Chardin (1881–1955; Hamilton, Grinevald, 2015). Zaczął dominować pogląd, że człowiek ma niespotykaną wcześniej siłę oddziaływania w przyrodzie, a zwiększający się wpływ

jego działalności zdominował procesy kształtowania powierzchni Ziemi (por. Crutzen, 2002).

Koncepcja utworzenia jednostki stratygraficznej zdominowanej przez wpływ działalności człowieka odżyła ponownie dopiero pod koniec XX w. Eugene F. Stoermer (1934–2012), amerykański diatomolog i profesor biologii na Uniwersytecie Michigan, stworzył termin *antropocen* i używał go od wczesnych lat 1980., odnosząc do efektów działalności człowieka na Ziemi. On i Paul Jozef Crutzen (1933–2021), duński meteorolog i chemik atmosfery oraz laureat nagrody Nobla z chemii w 1995 r., zasugerowali wprowadzenie po holocenie epoki antropocenu (Crutzen, Stoermer, 2000), której początek byłby powiązany z rewolucją przemysłową w końcu XVIII w. i zmianami klimatu wywołanymi rosnącą zawartością dwutlenku węgla w atmosferze. Crutzen (2002) twierdził, że wpływ człowieka na środowisko przewyższa znaczenie procesów naturalnych i staje się on istotnym czynnikiem geologicznym, między innymi przez zmiany użytkowania ziemi, wylesianie i spalanie paliw kopalnych oraz produkcję niebezpiecznych związków chemicznych, które nie występują w przyrodzie. W późniejszych latach Crutzen (2006, 2009) spopularyzował termin *antropocen*, odnosząc go do wpływu człowieka na atmosferę Ziemi i uznając jego znaczenie w ostatnich stuleciach na tyle istotne, że pozwala na ustanowienie nowej epoki geologicznej.

Termin *antropocen* szybko przebił się do powszechnej świadomości, co znalazło odzwierciedlenie w tytułach licznych artykułów naukowych, czasopism i programach konferencji naukowych. Poza naukami o Ziemi i środowisku termin ten zaczął być używany także w naukach

¹ Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02–089 Warszawa; leszek.marks@uw.edu.pl; ORCID ID: 0000-0002-4507-1828

społecznych i ekonomicznych oraz w mediach, polityce i szerokim obiegu publicznym. Żaden inny okres w geologicznej skali czasu (z wyjątkiem granicy kredy i paleogenu, powiązanej z uderzeniem asteroidy i zagładą dinozaurów), nie spowodował takiego zainteresowania wśród niegeologów i w społeczeństwie (por. Marks, 2024).

W ostatnich 20 latach pojawiły się różne propozycje zdefiniowania antropocenu i czasu jego trwania. Zdaniem Ruddimana (2003) antropocen rozpoczął się ok. 8000 lat temu, w neolicie, wraz z początkiem rozwoju rolnictwa. Z takim ujęciem antropocenu została powiązana hipoteza *odłożonego zlodowacenia* – sugerująca, że działalność rolnicza zaburzyła naturalny cykl zmian stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze, tym samym opóźniając kolejne zlodowacenie, które powinno nastąpić już kilka tysięcy lat temu (Ruddiman, 2007, 2008). Jednak rozprzestrzenianie się rolnictwa na świecie rozpoczęło się już ~12 000 lat temu i trwało kilka tysięcy lat (Foley i in., 2013; Ruddiman i in., 2016; Gibbard i in., 2021), a więc powiązany z nim początek antropocenu byłby diachroniczny.

Inne propozycje początku antropocenu to wymieranie megafauny w końcowej części ostatniego okresu zlodowacenia (Saltré i in., 2016; Seersholm i in., 2020), początek ery kolonialnej (Crawley, 1989), wielkie przyspieszenie wzrostu populacji ludzkiej oraz konsumpcji w połowie XX w. (Zalasiewicz i in., 2008; Ellis i in., 2016; Gibbard i in., 2021). Należy również wspomnieć o alternatywnym podejściu, że dotychczasowy wpływ człowieka nie jest wystarczająco dramatyczny i antropocen jeszcze się nie zaczął (por. Tzedakis i in., 2009).

W ostatnich stuleciach nastąpiło na świecie bezprecedensowe zmniejszenie bioróżnorodności i zróżnicowania biogeograficznego oraz ujednolicenie ekosystemów, także przez wprowadzanie inwazyjnych gatunków zwierząt i roślin w nowych regionach. Dominujący udział człowieka w tym procesie stanowił przesłankę do zaproponowania dla tego okresu terminu *homogenocen* (Samways, 1999).

Nieco innym podejściem było zaproponowanie terminu *paleoantropocen* dla znacznie dłuższego okresu poprzedzającego właściwy antropocen, kiedy wpływ człowieka był niewielki i zaznaczał się jedynie regionalnie (Foley i in., 2013). W myśl tej koncepcji człowiek jest integralną częścią systemu Ziemi (por. Rockström i in., 2024), a paleoantropocen obejmuje okres od początku wpływu człowieka na środowisko do około 1780 AD, kiedy zaczyna się wielkie przyspieszenie rozpoczynające antropocen.

Wyznaczenie początku paleoantropocenu wymaga badań interdyscyplinarnych, pozwalających na oszacowanie wskaźników dawnego klimatu, rozpoznanie stanowisk archeologicznych jako archiwum zmian środowiska oraz powiązanie zmian klimatu, paleośrodowiska i rozwoju człowieka ze zmianami w rozmieszczeniu roślin i zwierząt w czwartorzędzie oraz modelami społeczno-ekonomicznymi populacji ludzkiej (Foley i in., 2013). Jednocześnie początek paleoantropocenu nie mógłby być powiązany z granicami geologicznymi, bo jest asynchroniczny i związany z wydarzeniami lokalnymi, które nie mogą być rozpoznane globalnie.

Działalność ludzka wpłynęła więc niewątpliwie na zmianę ekosystemów i wymieranie wielkich kręgowców u schyłku ostatniego okresu zlodowacenia (Seersholm i in., 2020), na emisję gazów cieplarnianych wskutek rozwoju

rolnictwa (Ruddiman i in., 2016), zmiany wielkości opadów i temperatury oraz stabilności gleb i cyklu węglowego przez wyrąb lasów tropikalnych (Roberts i in., 2021) i generalnie – wylesianie obu Ameryk (Lewis, Maslin, 2015), zasięg i wpływ głównych biomów europejskich (Fyfe i in., 2015), przekształcanie hydrografii wskutek rozwoju przemysłu (Merritts i in., 2011) i skutki wydobywania paliw kopalnych w celu uzyskania energii (Smith, Zeder, 2013; Lewis, Maslin, 2018).

PROCEDURA USTANOWIENIA NOWEJ JEDNOSTKI STRATYGRAFICZNEJ

Podział stratygraficzny czwartorzędu jest oparty na różnych kryteriach korelacji wiekowej skał, ale jedynie podział chronostratygraficzny ma zasięg globalny (Salvador, 1994; Marks i in., 2014). Ustanawianie jednostek chronostratygraficznych i odpowiadających im jednostek geochronologicznych zostało sformalizowane i jest związane z wyznaczeniem globalnego profilu i punktu stratotypowego (*Global Stratotype Section and Point* – GSSP), który podkreśla unikalną naturę formalnych granic jednostek geochronologicznych i chronostratygraficznych (Cowie i in., 1986). Granice takich jednostek są definiowane w profilach typowych, zawierających ciągle lub prawie ciągle sekwencje osadów (Walsh i in., 2004), a które w przypadku czwartorzędu reprezentują nie tylko środowisko morskie (Walker i in., 2018; Head i in., 2021). Podstawowym problemem w zdefiniowaniu jednostki formalnej czwartorzędu jest znalezienie takiej sekwencji osadów, w której dolna granica jednostki stratygraficznej zaznaczałaby się wyraźnie i mogłaby być rozpoznawalna globalnie.

Antropocen, aby stać się formalną jednostką chronostratygraficzną w geologicznej skali czasu i zamieszczoną w Międzynarodowej Tabeli Chronostratygraficznej, musi przejść pełną procedurę obejmującą analizę formalną i wyznaczenie globalnego profilu stratotypowego zawierającego dolną granicę jednostki (GSSP) oraz uzyskać przynajmniej 60% oddanych głosów, przy frekwencji co najmniej 60% osób uprawnionych, w głosowaniach członków Międzynarodowej Komisji Stratygrafii. Ten wynik głosowania musi zostać ostatecznie zatwierdzony przez Komitet Wykonawczy Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych (por. <https://stratigraphy.org/statutes>).

PROPOZYCJA USTANOWIENIA ANTROPOCENU JAKO NOWEJ JEDNOSTKI STRATYGRAFICZNEJ

Prace na rzecz ustanowienia antropocenu jako nowej, formalnej jednostki stratygraficznej zostały zainaugurowane przez Podkomisję Stratygrafii Czwartorzędu Międzynarodowej Komisji Stratygrafii, która w 2009 r. utworzyła Grupę Roboczą Antropocenu. Przewodniczącym został Jan Zalasiewicz (UK), a od 2020 r. Colin Waters (UK). W ostatnich latach do grupy należało 23 członków głosujących i 15 niegłosujących (Zalasiewicz i in., 2017; <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>). We wniosku o ustanowienie antropocenu jako nowej jednostki stratygraficznej należy między innymi określić sposób jej zdefiniowania (sygnał stratygraficzny lub data), rodzaj (jednostka archeologiczna w historii Ziemi, zapis historii człowieka lub jedynie prognoza przyszłości) i użyteczność w roli jednostki chronostratygraficznej na mapach geolo-

gicznych (Finney, 2014). Dyskusje i uzgodnienia prowadzone w ramach prac Grupy Roboczej Antropocenu dotyczyły między innymi możliwości ustanowienia antropocenu jako formalnej jednostki stratygraficznej, określenia jej rangi i wytypowania GSSP oraz wyboru głównego wskaźnika umożliwiającego wyznaczenie dolnej granicy jednostki (Bennett i in., 2018; Waters i in., 2018, 2022; Zalasiewicz i in., 2023). Rozważano wykorzystanie wskaźników dokumentujących spalanie paliw kopalnych, zanieczyszczenia przemysłowe, testy nuklearne i produkcję energii jądrowej, rozwój rolnictwa i wylesianie, zmiany klimatu, zakwaszanie środowiska oraz migracje zwierząt i roślin (Zalasiewicz i in., 2024).

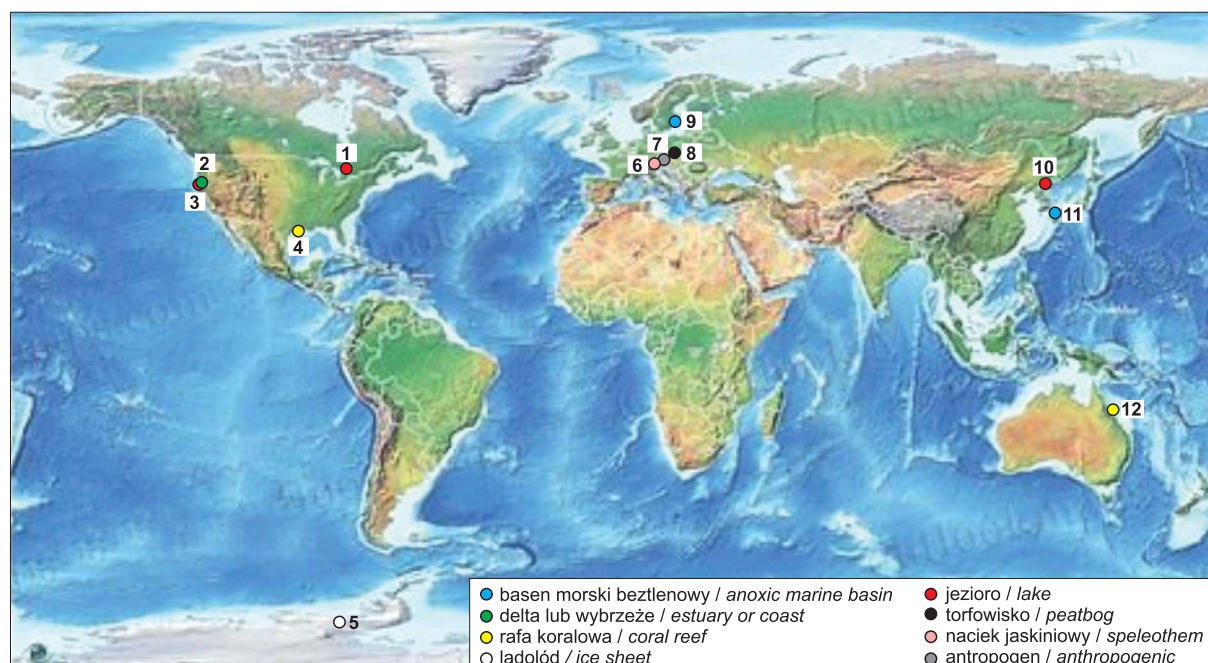
W 2023 r. Grupa Robocza Antropocenu sformułowała i przegłosowała wniosek, w którym na podstawie rejestrów lito-, chemo- i biostratygraficznych oraz zmian klimatu i poziomu morza zaproponowano utworzenie oddziału/epoki antropocen powyżej oddziału/epoki holocen. Należy jednak wspomnieć, że taka pozycja stratygraficzna antropocenu burzy tradycyjną naprzemienną jednostek klimatostratygraficznych ciepłych i zimnych w czwartorzędzie, ponieważ po cieplej jednostce interglacjalnej holocenu powinna nastąpić jednostka zimna. Antropocen reprezentowałoby pojedyncze piętro/wiek crawfordian, którego referencyjną dolną granicę (GSSP) wyznaczono na głębokości 17 cm w rdzeniu osadów rocznie laminowanych jeziora Crawford (Ontario, Kanada). W laminie ciemnej, datowanej na rok 1952, stwierdzono raptowny wzrost zawartości $^{239+240}\text{Pu}$, zwiększenie zawartości ^{14}C , metali ciężkich i kulistych cząstek węglanowych oraz zmniejszenie wartości $\delta^{15}\text{N}$, zawartości pyłku wiązu i roślin zielnych NAP oraz zmiany w składzie fitoplanktonu (McCarthy,

2023). GSSP jeziora Crawford uzupełniają 3 standardowe, dodatkowe stratotypy granicy (*Standard Auxiliary Boundary Stratotypes – SABBS*) w rdzeniach osadów z zatoki Beppu (Japonia), Jeziora Sihailongwan Maar (Chiny) i torfowiska na Równi pod Śnieżką w Sudetach w Polsce oraz 8 innych rejestrów referencyjnych na świecie (ryc. 1, 2).

Wniosek Grupy Roboczej Antropocenu z rekomendacją utworzenia oddziału/epoki antropocen został przekazany 31.10.2023 r. do Podkomisji Stratygrafii Czwartorzędu (<http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>).

WYNIKI GŁOSOWANIA I UZASADNIENIE

Wniosek sformułowany po 15 latach działalności Grupy Roboczej Antropocenu dotyczył ustanowienia w czwartorzędzie formalnej jednostki chronostratygraficznej/geochronologicznej antropocen jako oddział/epoka, zawierającej jedno piętro/wiek crawfordian. Po przeprowadzeniu wielotygodniowej dyskusji w ramach Podkomisji Stratygrafii Czwartorzędu wniosek ten w okresie od 1.02–4.03.2024 r., został poddany pod głosowanie członków podkomisji. Na 21 członków w głosowaniu wzięło udział 18 (85,7%), a wynik głosowania to 4 osoby za (22,2%), 12 przeciw (66,7%) i 2 wstrzymujące się od głosu (11,1%), tym samym przedstawiona propozycja nie została przyjęta. Decyzja członków Podkomisji Stratygrafii Czwartorzędu została zaakceptowana 15.03.2024 r. w głosowaniu członków Międzynarodowej Komisji Stratygrafii, w której na 20 członków głosowało 18 (90%): 15 głosów za (83,3%), 0 przeciw, 1 wstrzymujący (5,6%) i 2 deklaracje konfliktu interesów (11,1%). Wyniki obu tych głosowań zostały zatwierdzone



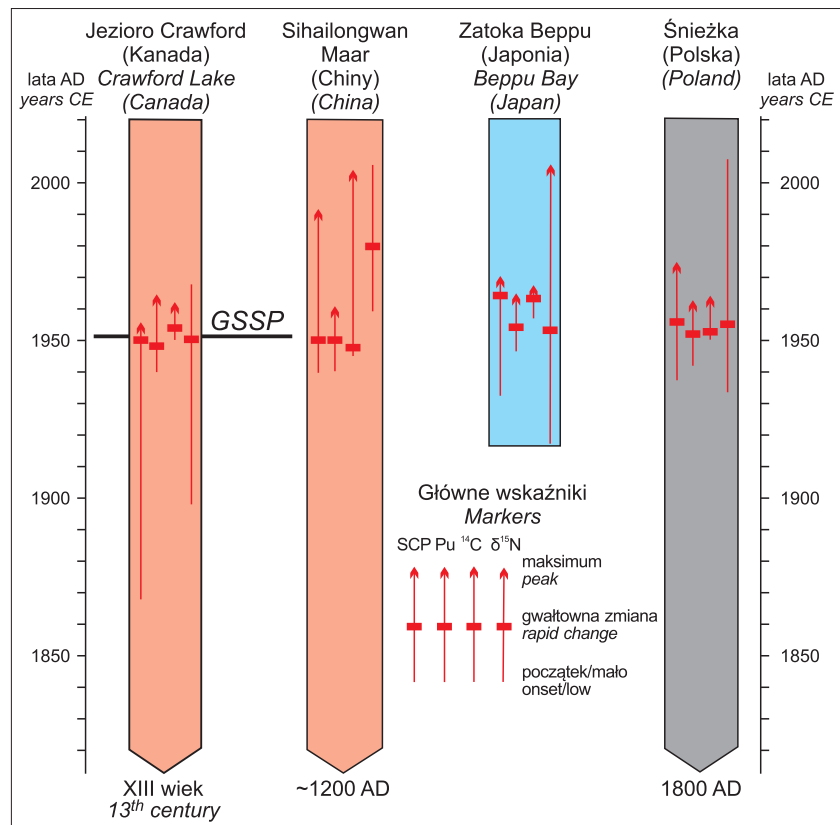
Ryc. 1. Proponowane stanowiska referencyjne dla dolnej granicy antropocenu, w tym GSSP (1) i SABBS (8, 10, 11); na podstawie Waters i in. (2023), zmodyfikowane. Stanowiska referencyjne: 1 – jezioro Crawford; 2 – estuarium San Francisco, 3 – jezioro Searsville, 4 – Rezerwat Morski West Flower Garden Bank, 5 – Półwysep Antarktyczny, 6 – jaskinia Ernesto, 7 – Wiedeń, 8 – góra Śnieżka, 9 – Wschodni Basen Gotlandzki, 10 – maar Sihailongwan, 11 – zatoka Beppu, 12 – rafa Flindersa

Fig. 1. Temporally of the Anthropocene, including GSSP (1) and SABBS (8, 10, 11); based on Waters et al. (2023), modified. Reference sites: 1 – Crawford Lake; 2 – San Francisco Estuary, 3 – Searsville Lake, 4 – National Marine Sanctuary West Flower Garden Bank, 5 – Antarctic Peninsula, 6 – Ernesto Cave, 7 – Vienna, 8 – Śnieżka Mountain, 9 – East Gotland Basin, 10 – Sihailongwan Maar, 11 – Beppu Bay, 12 – Flinders Reef



Ryc. 2. Korelacja wskaźników diagnostycznych dla proponowanej dolnej granicy antropocenu w profilach GSSP (jezioro Crawford) i SABS (Sihailongwan Maar, zatoka Beppu i góra Śnieżka): SCP – kuliste cząstki węglanowe, Pu – pluton, ^{14}C – radiowęgiel; $\delta^{15}\text{N}$ – stosunek izotopów stabilnych azotu; barwa rdzeni odzwierciedla środowisko (pomarańczowy – jezioro, niebieski – morze, szary – torfowisko); na podstawie Waters i in. (2023), zmodyfikowane

Fig. 2. Correlation of shifts in markers at the proposed lower boundary of the Anthropocene in GSSP (Crawford Lake) and SABS (Sihailongwan Maar, Beppu Bay and Śnieżka Mountain): SCP – spheroidal carbonaceous particles, Pu – plutonium, ^{14}C – radiocarbon; $\delta^{15}\text{N}$ – stable nitrogen isotopes; colour of cores reflects environments (orange – lake, blue – sea, grey – peatbog); after Waters et al. (2023), modified



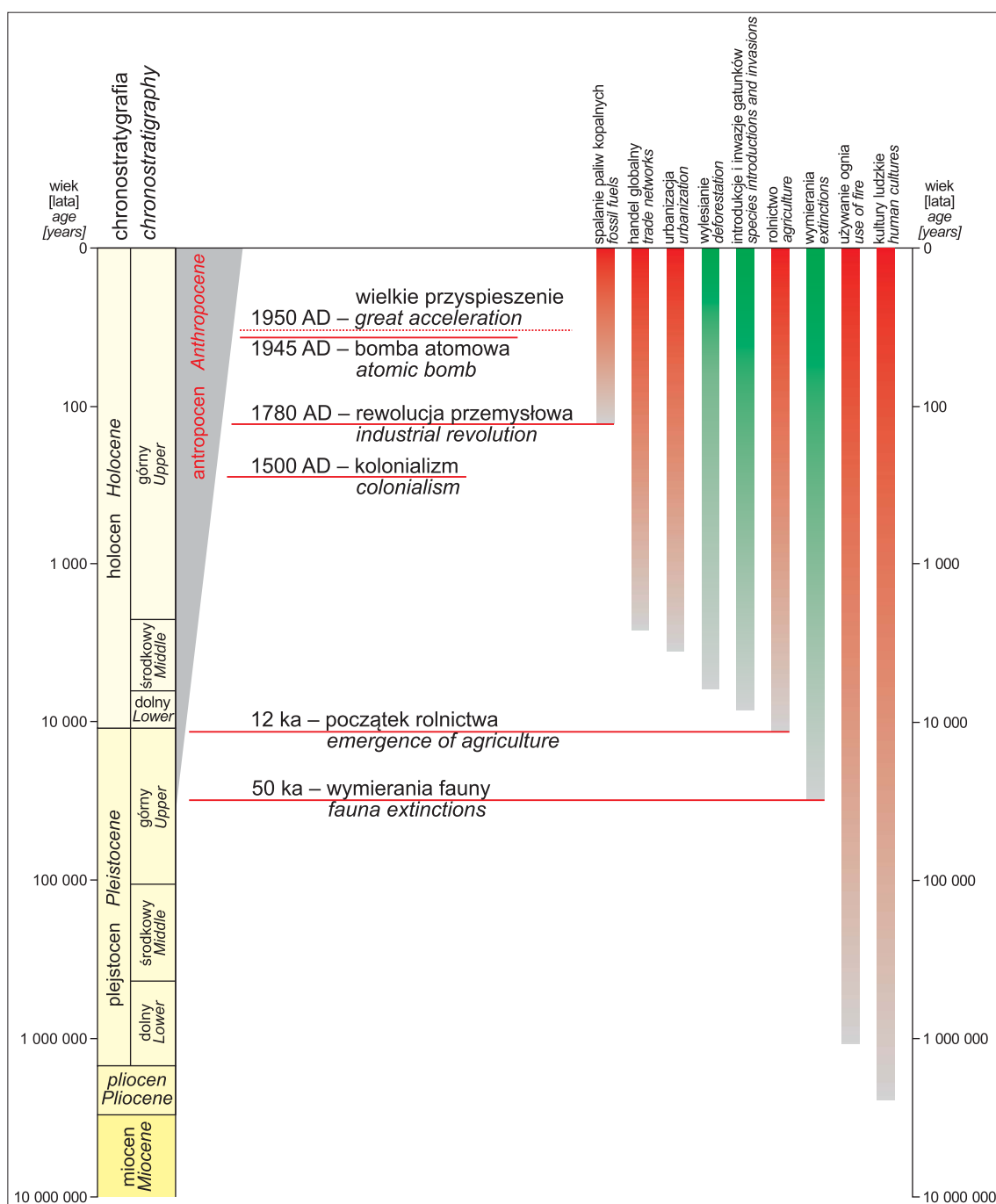
21.03.2024 r. przez Komitet Wykonawczy Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych (<https://stratigraphy.org/news/152>). Propozycja zakończenia holocenu i dodania epoki antropocenu w geologicznej skali czasu została zatem uznana za niespełniającą kryteriów ustanawiania formalnych jednostek chronostratygraficznych i geochronologicznych.

Nie ulega wątpliwości, że rdzeń osadów jeziora Crawford jest przykładem wpływu działalności ludzkiej na środowisko naturalne. Jednakże ustanawianie jednostki stratygraficznej opiera się na zupełnie innych podstawach niż formalizowanie epoki człowieka. Propozycja Grupy Roboczej Antropocenu sugerująca, że oddział/epoka antropocenu mogą być zdefiniowane wyraźną dolną granicą wyznaczającą jednostkę stratygraficzną krótszą niż okres życia jednego człowieka nie uwzględnia minionych setek i tysięcy lat rosnącego wpływu działalności człowieka. Kontrowersje budzi także dokładność wyznaczenia dolnej granicy antropocenu – rok 1952 nie jest żadną datą graniczną w stratygrafii czwartorzędu, a wprowadzenie izochronicznej dolnej granicy antropocenu byłoby niepraktyczne, ponieważ jest w sprzeczności z istniejącym zapisem geologicznym. Należy dodać, że to właśnie geolodzy prawie 200 lat temu, dużo wcześniej niż stało się to powszechnie akceptowane, stwierdzili wpływ działalności ludzkiej na środowisko na Ziemi. Jednak antropocenu jest nierozpoznawalny w głównych rejestrach geologicznych, takich jak rdzenie lodowe, nacieki jaskiniowe, sekwencje lessowo-glebowe, większość profili jeziornych i rdzenie osadów morskich. Słabością przedstawionej propozycji jest oparcie się przede wszystkim na rozważaniach społecznych, politycznych i filozoficznych. Wprawdzie termin *antropocenu* jest szeroko stosowany, zarówno w dys-

kusji naukowej, jak i publicystyce, jednak nie ma on formalnego umocowania w standardowej procedurze stratygraficznej.

Propozycja zdefiniowania oddziału/epoki antropocenu pomija rosnącą rolę aktywności ludzkiej w minionych stuleciach oraz to, że zmiany środowiska zachodziły regionalnie i w różnym czasie (Edgeworth i in., 2023). Początek antropocenu nie nastąpił nagle, lecz stopniowo, wskutek nasilania się wpływu człowieka, dramatycznie większego w ostatnich latach (ryc. 3). Natomiast propozycja połączenia antropocenu ze zmianami klimatu tworzy fałszywy obraz, że kwestionowanie tej wzajemnej relacji neguje występowanie współcześnie globalnego ocieplenia. Warto zauważyć, że ściśle powiązanie antropocenu z katastrofą środowiskową wywołaną przez człowieka jest skrajnie pesymistyczne, zamyka bowiem wizję lepszej przyszłości. Zmiany środowiskowe powodowane przez człowieka od 1952 r. (czyli postulowanego końca holocenu i początku antropocenu) są nieporównywalnie mniejsze niż zmiany środowiskowe pod koniec plejstocenu, np. wzrost temperatury w Walii rzędu 1°C na dekadę, ocieplenie Grenlandii rzędu 7°C w ciągu 50 lat, określony na Barbadosie wzrost poziomu oceanu w tempie 40 mm/rok itd.

Antropocenu mieści się w stratygrafii zdarzeń, polegającej na wykorzystaniu rejestru krótkotrwałych zmian środowiskowych w skali regionalnej lub globalnej i pozostawiających zapis między innymi w postaci anomalii sedimentacyjnych, geochemicznych i faunistycznych (Marks i in., 2014). Zmiany te mogą mieć rangę krótkotrwałych epizodów wyjątkowych warunków środowiskowych oraz innych gwałtownych wydarzeń prowadzących w krótkim czasie do nieodwracalnych zmian reżimu depo-



Ryc. 3. Pozycja stratygraficzna antropocenu jako wydarzenia (szary) na tle stopniowych zmian środowiskowych (zielony) i społecznych (czerwony); na podstawie Ellis i in. (2016) oraz Gibbard i in. (2021), zmodyfikowane
Fig. 3. Stratigraphic setting of the Anthropocene Event (grey) against gradual environmental (green) and social (red) changes; based on Ellis et al. (2016) and Gibbard et al. (2021), modified

zycji. Mogą być one zapisane jako epizody depozycyjne (warstwy przewodnie) lub niedepozycyjne bądź erozyjne (nieciągłości, niezgodności) oraz mieć odbicie w raptownym rozwoju lub kryzysie świata organicznego.

Uznanie antropocenu za wydarzenie geologiczne nie wymaga żadnej procedury formalnej i wytypowania GSSP (Gibbard i in., 2022). Nie umniejsza to znaczenia antropocenu w historii Ziemi, stawiając go na równi z wcześniejszymi wydarzeniami wpływającymi na biosferę Ziemi, takimi jak: wielka oksydacja paleoproterozoiczna (*Palaeoproterozoic Great Oxidation Event*: 2,4–2,0 Ga), wielki wzrost bioróżnorodności w ordowiku (*Great Ordovician*

Biodiversity Event: 485–455 Ma) i środkowo-górnodewońskie zalesienie kontynentów (*Middle–Late Devonian forestation of continents*: 390–360 Ma). Te i inne wydarzenia geologiczne wskazują, że działania różnych organizmów w historii Ziemi spowodowały znacznie bardziej dramatyczne zmiany składu atmosfery niż obecnie (Sagan, 2020).

Antropocen można traktować jako stopniową kumulację wpływu działalności ludzkiej na przekształcanie systemu Ziemi i jej bioróżnorodności (Gibbard i in., 2021). Podział czwartorzędu, stosowany już od połowy XIX w., jest oparty na kolejnych wydarzeniach klimatycznych (m.in. zlodowaceniach i interglacjalach, stadiach i inter-

stadiałach, piętrach zimnych i ciepłych), co stanowi podstawę klimatostratygrafii. Na podstawie sekwencji stratygraficznych o dużej rozdzielczości stwierdzono także (np. w rdzeniach lodowych i osadach głębokomorskich) wydarzenia mniejszej skali (setek tysięcy lat): Heinricha, Dansgaard–Oeschgera i Bonda (Heinrich, 1988; Dansgaard i in., 1993; Bond i in., 1997). Zapis lito- i biostratygraficzny granic tych wydarzeń jest diachroniczny, wobec tego nie są one ani jednostkami chronostratygraficznymi, ani geochronologicznymi (Gibbard i in., 2022).

Antropocen jest złożonym, zróżnicowanym i nadal trwającym wydarzeniem geologicznym (Walker i in., 2024), a w naukach fizycznych, biologicznych i społecznych jest okresem bez wyraźnego początku. Nie jest jednostką formalną w geologicznej skali czasu, ale pozostaje terminem uniwersalnym, używanym nie tylko w naukach o Ziemi i środowisku, lecz także w naukach społecznych, przez polityków i ekonomistów oraz ogół społeczeństw. Antropocen pozostaje więc nieocenionym wyznacznikiem wpływu człowieka na środowisko Ziemi.

PODSUMOWANIE

Antropocen nie może być uznany za formalną jednostkę stratygraficzną, ponieważ proponowane wskaźniki diagnostyczne zmieniały się regionalnie i zachodziły w różnym czasie, na co wskazują rejestry geologiczne. W zapisie geologicznym antropocen jest wydarzeniem, którego ustanowienie w geologicznej skali czasu nie podlega formalizacji. Charakteryzują go znaczne, ale zachodzące asynchronicznie, zmiany środowiska spowodowane działalnością człowieka.

Termin *antropocen* może być szeroko stosowany w naukach fizycznych, biologicznych i społecznych jako wydarzenie bez wyraźnego początku. Ułatwia to komunikację międzydyscyplinarną, w szczególności w zagadnieniach dotyczących ewolucji człowieka, początków rolnictwa i urbanizacji, kolonizacji Ameryki, renesansu, rewolucji przemysłowej i przyspieszenia rozwoju od połowy XX w.

Ustanowienie wydarzenia geologicznego *antropocen* nie wymaga zakończenia holocenu. Zatem holocen nadal wieńczy geologiczną skalę czasu jako formalny oddział/epoka. Nadal żyjemy we współczesnym interglacjale, który rozpoczął się 11 700 lat temu.

Dziękuję Recenzentom, Profesorom Zdzisławowi Jaremu (Uniwersytet Wrocławski) i Janowi Piotrowskiemu (Uniwersytet w Arhus, Dania) za uwagi, co umożliwiło poprawienie pierwotnej wersji artykułu.

LITERATURA

BENNETT C.E., THOMAS R., WILLIAMS M., ZALASIEWICZ J., EDGEWORTH M., MILLER H., COLES B., FOSTER A., BURTON E.J., MARUME U. 2018 – The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere. *R. Soc. Open Sci.*, 5: 180325; <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.180325>

BOND G., SHOWERS W., CHESEBY M., LOTTI R., ALMASI P., DEMENOCAL P., PRIORE P., CULLEN H., HAJDAS I., BONANI G. 1997 – A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278: 1257–1266.

COWIE J.W., ZIEGLER W., BOUCOT A.J., BASSETT M.G., RE-MANE J. 1986 – Guidelines and statute of the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 83: 1–14.

CRAWLEY M.J. 1989 – Chance and timing in biological invasions. [W:] Drake J.A., Mooney H.J., DiCastrì F., Groves R.H., Kruger F.J., Rejma-

nek M., Williamson M. (red.), *Biological invasions: a global perspective*. John Wiley, Chichester, London.

CRUTZEN P.J. 2002 – Geology of mankind. *Nature*, 415 (6867): 23; doi:10.1038/415023a

CRUTZEN P. 2006 – Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: a contribution to resolve a policy dilemma? *Clim. Change*, 77: 211–219.

CRUTZEN P. 2009 – Can we survive the ‘Anthropocene period’? *Project Syndicate* 5.

CRUTZEN P.J., STOERMER E.F. 2000 – The ‘Anthropocene’. *Glob. Change Newsl.*, 41: 17–18; doi:10.1038/415023a

DANSGAARD W., JOHNSEN S.J., CLAUSEN H.B., DAHL-JENSEN D., GUNDESTRUP N.S., HAMMER C.U., HVIDBERG C.S., STEFFENSEN J.P., SVEINBJÖRNSDÓTTIR A.E., JOUZEL J., BOND G. 1993 – Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364: 218–220; <https://doi.org/10.1038/364218a0>

EDGEWORTH M., GIBBARD P., WALKER M., MERRITTS D., FINNEY S., MASLIN M. 2023 – The stratigraphic basis of the Anthropocene Event. *Quat. Sci. Adv.*, 11: 100088; <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100088>

ELLIS E., MASLIN M., BOIVIN N., BAUER A. 2016 – Involve social scientists in defining the Anthropocene. *Nature*, 540: 192–193.

FINNEY S.C. 2014 – The ‘Anthropocene’ as a ratified unit in the ICS International Chronostratigraphic Chart: fundamental issues that must be addressed by the Task Group. [W:] Waters C.N., Zalasiewicz J.A., Williams M., Ellis M.A., Snelling A.M. (red.), *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. *Geol. Soc., London, Spec. Publ.*, 395: 23–28; <https://doi.org/10.1144/SP395.9>

FOLEY S.F., GRONENBORN D., ANDREA M.O., KADEREIT J.W., ESPER J., SCHOLZ D., PÖSCHL U., JACOB D.E., SCHÖNE B.R., SCHREG R., VÖTT A., JORDAN D., LELIEVELD J., WELLER C.H.G., ALT K.W., GAUDZINSKI-WINDHEUSER S., BRUHN K.-CH., TOST H., SIROCKO F., CRUTZEN P.J. 2013 – The Palaeoanthropocene – the beginnings of anthropogenic environmental change. *Anthr.*, 3: 83–88; doi:10.1016/j.ancene.2013.11.002

FYFE R.M., WOODBRIDGE J., ROBERTS N. 2015 – From forest to farmland: pollen-inferred land cover changes across Europe using the pseudobiomization approach. *Glob. Change Biol.*, 20: 1197–1212.

GIBBARD P.L., BAUER A.M., EDGEWORTH M., RUDDIMAN W.F., GILL J.L., MERRITTS D.J., FINNEY S.C., EDWARDS L.E., WALKER M.J.C., MASLIN M., ELLIS E.C. 2021 – A practical solution: the Anthropocene is a geological event, not a formal epoch. *Episodes*, 44 (4): 349–357; <https://doi.org/10.18814/epiugs/2021/021029>

GIBBARD P., WALKER M., BAUER A., EDGEWORTH M., EDWARDS L., ELLIS E., FINNEY S., GILL J.L., MASLIN M., MERRITTS D., RUDDIMAN W. 2022 – The Anthropocene as an Event, not an Epoch. *J. Quat. Sci.*, 37 (3): 395–399; <https://doi.org/10.1002/jqs.3416>

HAMILTON C., GRINEVALD J. 2015 – Was the Anthropocene anticipated? *Anthr. Rev.*, 2: 59–72; doi: 10.1177/2053019614567155

HEAD M.J., PILLANS B., ZALASIEWICZ J.A., ALLOWAY B., BEU A.G., COHEN K.M., GIBBARD P.L., KNUDSEN K.L., KOLFSCHOTEN T. VAN, LIRER F., LITT T., LIU J., MARKS L., MCMANUS J., PIOTROWSKI J.A., RÄSÄNEN M., RASMUSSEN S.O., SAITO Y., TESAKOV A., TURNER C., WALKER M., ZAZO-CARDENA C. 2021 – Formal ratification of subseries for the Pleistocene Series of the Quaternary System. *Episodes* 44 (3): 241–247; <https://doi.org/10.18814/epiugs/2020/020084>

HEINRICH H. 1988 – Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quat. Res.*, 29 (2): 142–152; doi:10.1016/0033-5894(88)90057-9

<http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>

<https://stratigraphy.org/news/152>

<https://stratigraphy.org/statutes>

LEWIS S.L., MASLIN M.A. 2015 – Defining the anthropocene. *Nature*, 519: 171–180; <https://doi.org/10.1038/nature14258>

LEWIS S.L., MASLIN M.A. 2018 – *The Human Planet. How we created the Anthropocene*. Penguin Random House, London.

MARKS L. 2024 – Antropocen w stratygrafii czwartorzędu. XIII Zjazd Geomorfologów Polskich, Naturalne i antropogeniczne przemiany rzeźby terenu, zeszyt abstr., 17–20 czerwca 2024, Łódź: 83–84.

MARKS L., BER A., LINDNER L. (red.) 2014 – *Zasady polskiej klasyfikacji i terminologii stratygraficznej czwartorzędu*. Polska Akademia Nauk, Komitet Badań Czwartorzędu, Warszawa; <http://www.kbcz.pan.pl/>

MARSH G.P. 1864 – *Man and Nature: Physical geography as modified by human action*. Charles Scribner, New York.

MARSH G.P. 1874 – *The earth as modified by human action: Man and Nature*. Charles Scribner’s Sons, New York.

MCCARTHY F.M.G., PATTERSON T., HEAD M.J., RIDDICK N.L., CUMMING B., HAMILTON P., PISARIC M.F.J., GUSHULAK A.C., LEAVITT P.R., LAFOND K.M., LLEW-WILLIAMS B., MARSHALL M.,

- HEYDE A., PILKINGTON P.M., MORAAL J., BOYCE J.I., NAS-SER N.A., WALSH C., GARVIE M., ROBERTS S., ROSE N.L., CUNDY A.B., GACA P., MILTON A., HAJDAS I., CRANN C.A., BOOM A., FINKELSTEIN S.A., MCANDREWS J.H. and other members of Team Crawford 2023 – The varved succession of Crawford Lake, Milton, Ontario, Canada as a candidate global boundary stratotype section and point for the Anthropocene series. *Anthr. Rev.*, 10 (1): 146–176; <https://doi.org/10.1177/20530196221149281>
- MERRITS D., WALTER R., RAHNIS M., HARTRANFT J., COX S., GELLIS A., POTTER N., HILGARTNER W., LANGLAND M.J., MANION L., LIPPINCOTT C., SIDDIQUI S., REHMAN Z., SCHEID CH., KRATZ L., SHILLING A., JENSCHKE M., DATIN K., CRANMER E., REED A., MATUSZEWSKI D., VOLI M., OHLSON E., NEUGEBAUER A., AHAMED A., NEAL C., WINTER A., BECKER S. 2011 – Anthropocene streams and base-level controls from historic dams in the unglaciated mid-Atlantic region, USA. *Phil. Trans. R. Soc. A.*, 369: 976–1009; <http://doi.org/10.1098/rsta.2010.0335>
- ROBERTS P., HAMILTON R., PIPERNO D.R. 2021 – Tropical forests as key sites of the ‘Anthropocene’: past and present perspectives. *Proc. Nat. Ac. Sci., USA*, 118; <https://doi.org/10.1073/pnas.2109243118>
- ROCKSTRÖM J., KOTZÉ L., MILUTINOVIĆ S., BIERMANN F., BROVKIN V., DONGES J., EBBESSON J., FRENCH D., GUPTA J., KIM R., LENTON T., LENZI D., NAKICENOVIĆ N., NEUMANN B., SCHUPPERT F., WINKELMANN R., BOSSELMANN K., FOLKE C., LUCHTA W., SCHLOSBERG D., RICHARDSON K., STEFFEN W. 2024 – The planetary commons: A new paradigm for safeguarding Earth-regulating systems in the Anthropocene. *Proc. Nat. Ac. Sci.*, 121 (5): e2301531121; <https://doi.org/10.1073/pnas.2301531121>
- RUDDIMAN W.F. 2003 – The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago: *Clim. Change*, 61: 261–293.
- RUDDIMAN W.F. 2007 – The early anthropogenic hypothesis: Challenges and responses. *Rev. Geoph.*, 45: RG4001; doi:10.1029/2006RG000207
- RUDDIMAN W.F. 2008 – The challenge of modeling interglacial CO₂ and CH₄ trends. *Quat. Sci. Rev.*, 27: 445–448.
- RUDDIMAN W.F., FULLER D.Q., KUTZBACH J.E., TZEDAKIS P.C., KAPLAN J.O., ELLIS E.C., VAVRUS S.J., ROBERTS C.N., FYFE R., LEMMEN F.H.C., WOODBRIDGE J. 2016 – Late Holocene climate: natural or anthropogenic? *Rev. Geophys.*, 54: 93–118; <https://doi.org/10.1002/2015rg000503>
- SAGAN D. 2020 – Gaia versus the Anthropocene: untimely thoughts on the current ecocatastrophe. *Ecocene: Cappadocia J. Env. Humanities*, 1 (1): 137–146.
- SALTRÉ F., RODRÍGUEZ-REY M., BROOK B.W., JOHNSON C.N., TURNEY C.S.M., ALROY J., COOPER A., BEETON N., BIRD M.I., FORDHAM D.A., GILLESPIE R., HERRANDO-PÉREZ S., JACOBS Z., MILLER G.H., NOGUÉS-BRAVO D., PRIDEAUX G.J., ROBERTS R.G., BRADSHAW C.J.A. 2016 – Climate change not to blame for late quaternary megafauna extinctions in Australia. *Nat. Commun.*, 7: 10511; doi:10.1038/ncomms10511
- SALVADOR A. 1994 – International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. Intern. Union Geol. Sci. and Geol. Soc., America; <http://quaternary.stratigraphy.org/stratigraphic-guide>
- SAMWAYS M. 1999 – Translocating fauna to foreign lands: here comes the Homogenocene. *J. Insect Conserv.*, 3 (2): 65–66; doi:10.1023/A:1017267807870.S2CID263987331
- SEERSHOLM F.V., WERNDLY D.J., GREALY A., JOHNSON T., KEENAN EARLY E.M., LUNDELIUS E.L. JR., WINSBOROUGH B., FARR G.E., TOOMEY R., HANSEN A.J., SHAPIRO B., WATERS M.R., MCDONALD G., LINDERHOLM A., STAFFORD TH.W. JR., BUNCE M. 2020 – Rapid range shifts and megafaunal extinctions associated with Late Pleistocene climate changes. *Nat. Commun.*, 11: 2770; <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16502-3>
- SMITH B.D., ZEDER M.A. 2013 – The onset of the Anthropocene. *Anthr.*, 4: 8–13; <https://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2013.05.001>
- TRAUTH M.Ph. 1958 – Italo-American Diplomatic Relations, 1861–1882. The Mission of George Perkins Marsh, First American Minister to the Kingdom of Italy. Washington D.C. Catholic University of America Press.
- TURPIN E., FEDERIGHI V. 2012 – A new element, a new force, a new input: Antonio Stoppani’s Anthropozoic. W.E. Ellsworth, J. Kruse (red.), Making the Geologic Now. Punctum Books, Brooklyn, United States: 34–41.
- TZEDAKIS P.C., RAYNAUD D., MCMANUS J.F., BERGER A., BROVKIN V., KIEFER T. 2009 – Interglacial diversity. *Nature Geosci.*, 2 (11): 751–755; doi:10.1038/ngeo0660
- WALKER M., HEAD M.J., BERKELHAMMER M., BJÖRCK S., CHENG H., CWYNAR L., FISHER D., GKINIS V., LONG A., LOWE J., NEUNHAM R., RASMUSSEN S., WEISS H. 2018 – Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes*, 41: 213–223.
- WALKER M.J.C., BAUER A.M., EDGEWORTH M., ELLIS E.C., FINNEY S., GIBBARD P., MASLIN M. 2024 – The Anthropocene is best understood as an ongoing, intensifying, diachronous event. *Boreas*, 53: 1–3; <https://doi.org/10.1111/bor.12636>
- WALSH S.L., GRADSTEIN F.M., OGG J.G. 2004 – History, philosophy, and application of the Global Stratotype Section and Point (GSSP). *Lethaia*, 37: 201–218.
- WATERS C.N., ZALASIEWICZ J., SUMMERHAYES C., FAIRCHILD I.J., ROSE N.L., LOADER N.J., SHOTYK W., CEARRETA A., HEAD M.J., SYVITSKI J.P.M., WILLIAMS M., WAGREICH M., BARNOSKY A.D., AN Z., LEINFELDER R., JEANDEL C., GAŁUSZKA A., IVAR DO SUL J., GRADSTEIN F., STEFFEN W., MCNEILL J.R., WING S., POIRIER C., EDGEWORTH M. 2018 – Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and how to look for a potential candidate. *Earth Sci. Rev.*, 178: 379–429; <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.016>
- WATERS C.N., TURNER S.D., ZALASIEWICZ J., HEAD M.J. (red.) 2023 – Candidate sites and other reference sections for the Global boundary Stratotype Section and Point of the Anthropocene series. *Anthr. Rev.*, 10 (1): 3–24; <https://doi.org/10.1177/20530196221136422>
- WATERS C.N., WILLIAMS M., ZALASIEWICZ J., TURNER S.D., BARNOSKY A.D., HEAD M.J., WING S.L., WAGREICH M., STEFFEN W., SUMMERHAYES C.P., CUNDY A.B., ZINKE J., FIAŁKIEWICZ-KOZIEŁ B., LEINFELDER R., HAFF P.K., MCNEILL J.R., ROSE N.L., HAJDAS I., MCCARTHY F.M.G., CEARRETA A., GAŁUSZKA A., SYVITSKI J., HAN Y., AN Z., FAIRCHILD I.J., IVAR DO SUL J.A., JEANDEL C. 2022 – Epochs, events and episodes: Marking the geological impact of humans. *Earth Sci. Rev.*, 234: 104171; <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104171>
- ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., SMITH A., BARRY T.L., COE A.L., BOWN P.R., BRENCHLEY P., CANTRILL D., GALE A., GIBBARD P., GREGORY F.J., HOUNSLOW M.W., KERR A.C., PEARSON P., KNOX R., POWELL J., WATERS C., OATES M., RAWSON P., STONE P. 2008 – Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*, 18 (2): 4–8.
- ZALASIEWICZ J., WATERS C.N., SUMMERHAYES C.P., WOLFE A.P., BARNOSKY A.D., CEARRETA A., CRUTZEN P., ELLIS E.C., FAIRCHILD I.J., GAŁUSZKA A., HAFF P., HAJDAS I., HEAD M.J., IVAR DO SUL J., JEANDEL C., LEINFELDER R., MCNEILL J.R., NEAL C., ODADA E., ORESKES N., STEFFEN W., SYVITSKI J.P.M., WAGREICH M., WILLIAMS M. 2017 – The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthr.*, 19: 55–60; <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>
- ZALASIEWICZ J., WATERS C.N., TURNER S., WILLIAMS M., HEAD M.J. 2023 – Anthropocene Working Group. [W:] Wallenhorst N. and Wulf C. (reds.), *Handbook of the Anthropocene – Humans between Heritage and Future*. Springer.
- ZALASIEWICZ J., HEAD M.J., WATERS C.N., TURNER S.D., HAFF P.K., SUMMERHAYES C., WILLIAMS M., CEARRETA A., WAGREICH M., FAIRCHILD I.L., ROSE N.L., SAITO Y., LEINFELDER R., FIAŁKIEWICZ-KOZIEŁ B., AN Z., SYVITSKI J., GAŁUSZKA A., MCCARTHY F.M.G., IVAR DO SUL J., BARNOSKY A., CUNDY A.B., MCNEILL J.R., ZINKE J. 2024 – The Anthropocene within the Geological Time Scale: a response to fundamental questions. *Episodes*, 47 (1): 65–83; <https://doi.org/10.18814/epiugs-2023/023025>

Praca wpłynęła do redakcji 8.10.2024 r.

Akceptowano do druku 31.10.2024 r.