

● ● ● ● ● **MATERIAŁY** ● ● ● ● ● **DO DZIEJÓW GEOFIZYKI**

Bogusław M. KASZEWSKI
Zakład Meteorologii i Klimatologii UMCS

ZMIANY KLIMATU POLSKI W PRACACH POLSKICH KLIMATOLOGÓW

THE CHANGES OF CLIMATE IN POLAND IN THE PAPERS OF POLISH CLIMATOLOGISTS

Zagadnienie zmian klimatu jest głównym problemem badawczym klimatologów na całym świecie. Jednocześnie temat ten wzbudza powszechne zainteresowanie, co wiąże się przede wszystkim z prognozowanym wpływem przyszłego klimatu na człowieka, jego funkcjonowanie i gospodarowanie. Efektem tego zainteresowania jest coraz większa liczba prac dotyczących zmian klimatu, publikowanych przez klimatologów, a także przez przedstawicieli innych dziedzin nauki. To zainteresowanie zmianami klimatu jest widoczne także w Polsce. Badania tego typu prowadzone są na większości uczelni i instytutów mających w swoich zadaniach statutowych tematy związane z klimatem.

Celem pracy jest przedstawienie dotychczasowego stanu badań z zakresu zmian i wahań klimatu dotyczących Polski w ujęciu historycznym (według wydzielonych okresów badań) oraz przedstawienie problemów związanych z tego typu badaniami. Bardzo duża liczba prac dotyczących zmian i wahań klimatu Polski pozwoliła jedynie na przedstawienie niektórych z nich. Dotyczy to przede wszystkim okresu po roku 1990, w którym pojawiło się wiele różnorodnych prac. Wydzielone okresy w historii badań zmian i wahań klimatu zostały kolejno scharakteryzowane.

Okres I: od II połowy XIX wieku do 1918 r.

Zainteresowanie zmianami klimatu pojawiło się w II połowie XIX wieku, co wiąże się głównie z odkryciem 11-letniego cyklu zmian aktywności Słońca, a także postępującym na przełomie XIX i XX stulecia znacznym ociepleniem. Pierwsze prace z zakresu zmian klimatycznych zmierzały do określenia amplitudy wahań głównych elementów klimatu oraz znalezienia prawidłowości w pojawianiu się odchyleń od średnich wieloletnich (Jokić, Kożuchowski, 1989).

Wśród prac powstałych w tym okresie warto zwrócić uwagę na prace A. Pietkiewicza (1883, 1889), analizującego zmiany temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie, oraz W. Gorczyńskiego (1915). Ten drugi autor stwierdził m.in., że na ogół pora zimowa była cieplejsza w okresie po roku 1850 w porównaniu z zimami od połowy XVIII wieku, natomiast lato i wiosna uległy pewnemu ochłodzeniu. Najwięcej miejsca zmianom klimatu, nie tylko w Polsce, poświęcił jednak R. Merecki (1914), który w rozdziale IX *Klimatologii ziem polskich* pt. *Zmiany wiekowe i okresowe* stwierdził m.in., że temperatura powietrza w zimie musiała wzrosnąć od połowy XVIII wieku ze względu na wzrost zanieczyszczenia powietrza dymem i sadzą w rozwijających się wielkich miastach oraz usuwaniem z nich śniegu. Zauważył, że w lecie brak wzrostu temperatury jest wywołany zmniejszonym dopływem promieniowania słonecznego na skutek silnego zanieczyszczenia powietrza.

Okres II: 1919-1939

W 1920 r. na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie powstała pierwsza i jedyna w niepodległej Polsce Katedra i Instytut Geofizyki i Meteorologii. Dyrektorem do 1939 r. był Henryk Arctowski. Tematyka badań naukowych Instytutu obejmowała m.in. wahania klimatu i ich związek z plamami słonecznymi (Kułak, 2009). Oprócz H. Arctowskiego badania takie prowadzili jego uczniowie: J. Moniak, A. Schmuck, W. Wiszniewski. Najczulszym elementem wahań klimatu okazała się temperatura powietrza. Odpowiednio dobrane dane temperatury powietrza opracowywano jednolitą metodą średnich sum konsekwentnych i ich odchyleń od średniej 10-letniej 1910-1919. Odchylenia dodatnie to plejony, a ujemne – antyplejony. H. Arctowski uważał, że zmiany temperatury na powierzchni Ziemi są powodowane występowaniem 11-letniego cyklu plam na Słońcu. Warto podkreślić, że w roku akademickim 1922/1923 H. Arctowski prowadził wykład o zmianach klimatu (Harasimiuk, 2012).

Badając przebieg wieloletni opadów w Warszawie, J. P. Rychliński (1927) stwierdził, że pod koniec XIX w. i w pierwszej dekadzie bieżącego stulecia opady zaczęły wzrastać i nastąpiło „uspokojenie” wahań opadów oraz „przesunię-

cie” w kierunku oceanizmu warunków klimatycznych. Wzrost sum opadowych w Poznaniu zauważył także W. Smosarski (1923).

W okresie tym do badań wahań i zmian klimatu Polski (głównie w okresie przedinstrumentalnym) włączyli się historycy. Na czoło wysuwa się tu praca W. Semkowicza (1922), który zwrócił uwagę na dwie kwestie – ogólnej zmiany klimatu w czasach historycznych i krótkookresowych zmian klimatu. Autor podkreślił m.in., że wszelkie wnioski z zakresu klimatologii, jeżeli mają być ściśle i pewne, muszą opierać się na dokładnych obserwacjach i regularnych zapiskach meteorologicznych z dłuższego czasu i jak największego obszaru. Według Semkowicza w czasach historycznych klimat (Polski) nie wykazuje istotnych zmian w kierunku stopniowego osuszenia ani też w kierunku zwilgotnienia. Kolejne próby rekonstrukcji klimatu Polski, z wykorzystaniem informacji dotyczących tzw. klęsk elementarnych, wykonali M. Polackówna (1925), F. Bujak (1932), S. Namaczyńska (1937) i R. Werchracki (1938). Warto zwrócić uwagę na pracę M. Polackówny, która podała wyciąg ze źródeł, w których były wzmianki pogodowe i klimatyczne zawarte w *Dziejach Długosza* i w 6-tomowych *Pomnikach historycznych Polski* Białawskiego. W tabeli zestawiała daty zim ostrych i łagodnych, lat deszczowych i „skwarnych” od roku 940 do 1480. Analiza tych danych pozwoliła autorce na wyciągnięcie wniosku o globalnych 35-letnich cyklach klimatycznych. Wyniki wspomnianych prac służą klimatologom, także obecnie, do weryfikacji posiadanych danych pochodzących z innych źródeł i do identyfikacji czasu ich powstania.

Okres III: 1945-1980

Już w pierwszych latach po II wojnie światowej powstało kilka prac, w których autorzy zwracają uwagę na wahania klimatu. Dotyczą one różnych skal czasowych i przestrzennych. Próbę badania wahań klimatu Polski opartych na studiach nad przyrostem drzew przedstawił W. Zinkiewicz (1946). Stwierdził m.in., że stuletnia seria danych nie jest wystarczająca do tego celu. Wzrost temperatury powietrza na Śląsku, przede wszystkim w okresie zimowym, zauważył A. Kosiba (1946). Autor wiąże to przede wszystkim ze zmianami cyrkulacji atmosferycznej uwarunkowanej zmianami w cyrkulacji wód oceanu. Podobne stanowisko zajął W. Zinkiewicz (1948, 1963/64), który jednak zmiany cyrkulacji atmosferycznej wiąże głównie z liczbą plam słonecznych. W kolejnej pracy A. Kosiba (1949), na podstawie danych z Warszawy i Wrocławia, stwierdza wpływ na zjawiska klimatyczne cyklu 27,5-dniowego w aktywności słonecznej.

Na temat zmian i wahań klimatu wypowiadał się także E. Romer (1947), który stwierdził na podstawie m.in. danych z Krakowa i Warszawy, że następuje ogólne złagodzenie klimatu, przy równoczesnym wzroście sum opadów, co wskazuje na wzrost wpływów oceanicznych w Europie.

Inne zagadnienie związane z tematem zmian klimatu poruszył W. Okołowicz (1947). Zauważył, że analiza niektórych form terenu pozwala na wyciągnięcie wniosków co do warunków klimatycznych panujących w czasie powstania danych form oraz co do późniejszych zmian tych warunków.

Z hipotezą o 35-letnim okresie wahań klimatu polemizował R. Gumiński (1949), uważając ją za błędną. Zwrócił uwagę na konieczność bardzo ostrożnego stawiania wniosków co do rytmów w przebiegach elementów meteorologicznych oraz także na ich uzasadnienie nie tylko statystyczne, ale i fizyczne. Z kolei J. Lambor (1954), badając zmiany zasobów wody w środkowej części Polski, stwierdził, że w ostatnich 150 latach nie ma trwałych zmian klimatu, ale obserwuje się tylko jego krótkie lub dłuższe wahania. Różne znaki tendencji opadów na terenie Polski i brak wyraźnej zależności między sumami opadów a liczbą plam słonecznych w okresie 1851-1958 stwierdziła Z. Kaczorowska (1962). Do podobnego wniosku doszedł E. Hohendorf (1970), analizując opady atmosferyczne w Bydgoszczy w latach 1861-1960.

Do zagadnień zmian klimatu, po prawie 16 latach, wrócił A. Kosiba (1962), badając dłuższą serię danych dotyczących temperatury powietrza we Wrocławiu. Autor staje się zwolennikiem teorii ochłodzenia klimatu. Stwierdza dużą korelację zmian temperatury z liczbą Wolfa. Odmienny pogląd ma A. Schmuck (1964), który stwierdził, że nie zauważa się tendencji w kierunku ochładzania klimatu, a nawet są pewne dane wskazujące na tendencję odwrotną. Na ważną rolę zmian chemicznych i fizycznych właściwości atmosfery, np. zawartości ozonu, dwutlenku węgla i pary wodnej, oraz zmian fizycznych właściwości podłoża atmosfery – powierzchni wodnych i lądowych w zmianie warunków klimatycznych zwrócił uwagę W. Okołowicz (1969).

W latach 1970. pojawiło się szereg prac autorstwa J. Trepieńskiej (np. 1971, 1973, 1977), w których do zmian i wahań temperatury powietrza i opadów atmosferycznych autorka wykorzystała długoletnie serie danych (w przypadku temperatury powietrza od 1826 r.) z Obserwatorium Astronomicznego w UJ w Krakowie. Autorka stwierdziła tendencję do ocieplania się klimatu, szczególnie w ostatnich latach. W przypadku opadów atmosferycznych tendencja nie była jednoznaczna (Trepieńska, 1977). Wahania analizowanych elementów tłumaczy zmianami w cyrkulacji atmosfery, wywołanej zmianami aktywności Słońca, głównie w cyklu 90-letnim (Trepieńska, 1973). Pod koniec lat 1970. coraz częściej zaczęto mówić, że najbliższe stulecie będzie charakteryzować się ociepleniem, podczas gdy prawdopodobieństwo naturalnego ochłodzenia jest niewielkie (Reichhart, 1978).

W okresie tym ukazało się kilka pozycji, w których wykorzystano metodę historyczną w badaniach nad zmianami klimatu Polski (np. Dunin-Wąsowicz, 1974; Girguś, Strupczewski, 1965; Malewicz, 1980). Z inicjatywy Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego opracowano katalog zapisków pogodowych

z wieków X-XVI na podstawie publikowanych źródeł wraz z ich tłumaczeniem na język polski (Girguś, Strupczewski, 1965).

Próbę rekonstrukcji klimatu trzeciorzędu i czwartorzędu na podstawie kryteriów botanicznych, zoologicznych, geomorfologicznych, geologicznych, glebowych i astronomicznych przedstawiła M. Tyczyńska (1957), a próbę rekonstrukcji klimatu w holocenie metodą „klimatyczno-botaniczną” M. Hess (1968).

Okres IV: 1981-1990

Wystąpienie wielu niekorzystnych zjawisk pogodowych i klimatycznych na świecie spowodowało, że wśród pytań o przyczynę takich zjawisk pojawiły się pytania o wpływ człowieka na klimat oraz pytania o wpływ przyszłych zmian klimatu na działalność człowieka. Zagadnienia te znalazły swoje miejsce w Światowym Programie Klimatycznym, którego dalszym etapem miało być sformułowanie Narodowego Programu Klimatycznego (Sadowski, 1981). W Programie uwaga miała być zwrócona na poznanie zmienności i wahań klimatu i ich przyczyn, wpływu klimatu na człowieka i jego działalność, ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk katastrofalnych, takich jak: susze, powodzie, ostre zimy, oraz opracowanie metodyki prognozowania długookresowych warunków klimatycznych (Paszyński, Sadowski, 1986). Niestety do dziś, mimo kilku projektów, Narodowy Program Klimatyczny nie został utworzony.

W tym okresie powstało szereg prac zawierających analizy zmian wybranych elementów klimatu w Polsce. W przypadku opadów atmosferycznych K. Kożuchowski (1982) stwierdził tendencję rosnącą opadów w latach 1931-1980. Analiza ostrości zim przeprowadzona przez S. Paczosa (1984) pokazała, że w latach 1861-1975 nastąpił okres ich ocieplenia. W przypadku zachmurzenia i usłonecznienia w Krakowie M. Morawska-Horawska (1984) stwierdziła m.in., że wieloletnie zmiany tych elementów wywołane zostały zmianami cyrkulacyjnymi i pozostawały w związku z wahaniami klimatycznymi zachodzącymi w Europie. Nieco inne wnioski, dotyczące zmian kontynentalizmu klimatu Polski, przedstawili K. Kożuchowski i K. Marciniak (1986). Zwrócili oni uwagę na pewną niezgodność pluwiotermicznych cech klimatu z warunkami cyrkulacyjnymi. Uznali, że nie można wykluczyć działania czynników antropogenicznych przyczyniających się m.in. do ocieplenia lub wzrostu opadów.

Nową metodę rekonstrukcji klimatu w holocenie i jego prognozy na podstawie akumulacji substancji organicznej w jeziorach zaproponowali J. Boryczka i B. Wicik (1983).

Rekonstrukcję klimatu Polski (warunków termicznych i wilgotnościowych) za okres ostatniego tysiąclecia przedstawił H. Maruszczak (1988, 1991). Podstawą oszacowania średniej temperatury kolejnych 50-leci były zmiany temperatury

w wyższych szerokościach geograficznych półkuli północnej i dane palinologiczne, z uwzględnieniem korekty wynikającej z analizy cen artykułów spożywczych pochodzenia roślinnego.

Klimatologiczną interpretacją zapisów wyłącznie ze źródeł historycznych są prace M. Sadowskiego (1986, 1991). Zawierają one m.in. zestawienie klęsk głodu w Polsce na tle towarzyszących zjawisk klimatycznych (lata mokre, suche i zimne) z okresu 1351-1750 oraz częstość występowania surowych zim i gorących sezonów letnich w poszczególnych 10-leciach, począwszy od XIII wieku.

W tym okresie niezmiernie ważną dla przyszłych badań zmian i wahań klimatu była praca J. Borczyki (1984), w której autor zaproponował stosowanie modeli symulujących cykliczność klimatu bez udziału składnika antropogenicznego, przy założeniu, że główną przyczyną wahań klimatu są cykle aktywności Słońca. Zastosowana metoda pozwoliła na przedstawienie prognozy m.in. mroźnych i ciepłych zim oraz upalnych i chłodnych lat do 2500 r., a także prognozy miesięcznych wartości temperatury i opadów atmosferycznych do roku 2001.

Posumowania dotychczasowych wiadomości na temat przyczyn zmian klimatu oraz zmian klimatu na świecie i w Polsce dokonał K. Kożuchowski (1990). Autor przeanalizował dane z lat 1881-1980 z 6 stacji: Kraków, Wrocław, Poznań, Warszawa, Bydgoszcz i Koszalin. Stwierdził m.in., że charakterystyczny dla całego stulecia jest rosnący trend temperatury powietrza.

Warto zwrócić uwagę na kształcenie w zakresie zmian klimatu na studiach geograficznych w ośrodkach uniwersyteckich w Polsce. Jak podaje W. Warakomski (1989), do roku 1989 tylko w Uniwersytecie Łódzkim był przedmiot „Historia zmian klimatu” w wymiarze 45 godzin, a w Uniwersytecie Poznańskim przedmiot „Wybrane zagadnienia z paleoklimatologii i paleohydrologii” – 30 godzin.

Okres po roku 1990

Ostatni wyróżniony okres cechuje się bardzo dużą liczbą prac z zakresu zmian i wahań klimatu. Ze względu na objętość niniejszej pracy dokładne omówienie większości tych opracowań nie jest możliwe. Dlatego ograniczono się głównie do przedstawienia pewnych pól badawczych w zakresie zmian i wahań klimatu, bez uwzględniania długości analizowanych serii danych ani skali przestrzennej badań.

Bardzo ważną rolę w uporządkowaniu wiedzy o zmianach i wahaniach klimatu, w polskiej literaturze odegrała praca B. Obrębskiej-Starkel i L. Starkla (1991), w której autorzy omówili m.in.: model funkcjonowania systemu klimatycznego i czynniki kształtujące ten system, długo i krótkookresowe zmiany klimatu, narastanie ingerencji człowieka w środowisko przyrodnicze i wywołane tym zmiany w atmosferze, scenariusze zmian klimatu, skutki efektu cieplarnianego.

Jak wiadomo, we współczesnych badaniach dotyczących zmian klimatu, są stosowane dwa podejścia: empiryczne – polegające na wykorzystywaniu danych zawartych w historycznych ciągach danych obserwacyjnych oraz dynamiczne – oparte na zastosowaniu matematycznych modeli symulacyjnych. W drugim podejściu do symulacji zmian systemu klimatycznego używane są trójwymiarowe modele ogólnej cyrkulacji atmosfery – GCM (ang. *General Circulation Models*) lub bardziej zaawansowane, trójwymiarowe modele ogólnej cyrkulacji atmosfery i oceanu – AOGCM (ang. *Atmosphere-Ocean General Circulation Models*), w których procesy fizyczne zachodzące w atmosferze, oceanie, kriosferze i na powierzchni Ziemi są opisane za pomocą równań numerycznych lub są parametryzowane.

W literaturze klimatologicznej częściej spotyka się prace, w których do oceny zmian klimatu wykorzystuje się ciągi danych. Na początku omawianego okresu np. badania susz atmosferycznych w północno-zachodniej Polsce (Farat, 1993) i fal termicznych w Poznaniu (Mager, Kuźnicka-Błaszczyńska, 1993) nie dały podstaw do stwierdzenia istotnych zmian w przebiegu wieloletnim wybranych charakterystyk klimatycznych. Zmiany takie zauważono np. w wieloletnim przebiegu temperatury powietrza w Krakowie (Morawska-Horawska, 1991; Koźuchowski, 1993). Autorzy tłumaczą to występowaniem miejskiej wyspy ciepła i efektem cieplarnianym w skali lokalnej, a nie przyczynami w skali globalnej. Ale np. analiza wskaźników lodowych na Bałtyku (Girjatowicz, Koźuchowski, 1993) pokazała ich istotne zmiany, co może świadczyć o postępującym ocieplaniu się klimatu.

Próbę oceny wpływu działalności człowieka na zmiany temperatury w Polsce podjęli M. Sadowski i in. (2002) na podstawie porównania danych z terenu niezurbanizowanego i z terenów objętych silną antropopresją. Autorzy stwierdzili, że nie można jednoznacznie określić wpływów antropogenicznych na zmiany temperatury.

Wraz z upływem czasu i wydłużaniem się serii danych w coraz większej liczbie prac pojawiały się stwierdzenia o istotnych zmianach w przebiegu wieloletnim niektórych elementów. Dotyczy to głównie temperatury powietrza i jej różnych charakterystyk (np. Lorenc, 2000; Koźuchowski, Żmudzka, 2001; Degirmendzić i in., 2002, 2004; Koźuchowski, 2004; Kaszewski 2006, 2008; Żmudzka, 2009; Biernacik i in., 2010; Kossowska-Cezak, 2010, 2014; Marosz i in., 2011; Michalska, 2011; Bielec-Bąkowska, Piotrowicz, 2013; Wójcik, Miętus, 2014). Zauważono m.in., że w ostatnim 20-leciu XX wieku i na początku XXI wieku nastąpiło wyraźne zwiększenie tempa ocieplenia, które zaznaczyło się nie tylko w sezonie zimowo-wiosennym (styczeń-maj), ale także w cieplej porze roku (Fortuniak i in., 2001; Michalska, 2009). W przypadku opadów atmosferycznych nie stwierdza się istotnych zmian (np. Żmudzka, 2002; Kaszewski 2006; Cebulska i in., 2007; Czarnecka, Nidzgorska-Lencewicz, 2012) lub nawet ich spadek na obszarze nizinnym (Koźuchowski, Żmudzka, 2003). Według prognoz opadów atmosferycznych, w świetle analizy harmonicznej, w Krakowie w latach 2016-2030 można oczekiwać

tendencji wzrostowej ilości opadów (Cebulska i in., 2007). W ostatnich latach na obszarze Polski stwierdzono także wzrost ilości pary wodnej w powietrzu i spadek wilgotności względnej (Limanówka i in., 2012).

Wzrost temperatury powietrza tłumaczono głównie oddziaływaniem czynników solarnych i cyrkulacyjnych sprzyjających wzrostowi temperatury. W latach 1980. i 1990. zaobserwowano większe usłonecznienie, a także wzrost udziału i intensywności przepływu strefowego, o czym świadczyły wysokie wartości wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) (Marsz, 2013). Zwracano również uwagę na wpływ rozwoju efektu cieplarnianego na temperaturę powietrza w Polsce (np. Kożuchowski, Żmudzka, 2001), a także nałożenia się bardzo długiego holocenńskiego cyklu klimatu (jego fazy cieplej) na wpływy antropogeniczne (np. Lorenc, 2000).

Próby określenia astronomicznych przyczyn naturalnych wahań klimatu Polski, badania zmian i wahań klimatu, zapoczątkowane przez J. Boryczkę w latach 1980., były kontynuowane przez autora i zespół klimatologów z Uniwersytetu Warszawskiego (prezentowane głównie w serii wydawniczej pt. *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* po roku 1992). Autorzy tych prac uważają, że globalne ocieplenie klimatu, w tym i klimatu Polski, jest spowodowane głównie przyczynami naturalnymi, związanymi ze zmianami aktywności Słońca (zmiany stałej słonecznej), uwarunkowanymi parametrami Układu Słonecznego. Nowością było wyodrębnienie dwóch składników trendu czasowego: naturalnego, w postaci wypadkowej kilkunastu cykli razem z krótkimi paroletnimi rytmemi, oraz antropogenicznego, wynikającego ze zmian w składzie chemicznym i fizycznym atmosfery, spowodowanego działalnością człowieka (m.in. nasilenie efektu cieplarnianego, rozbudowa miast). Wykryte okresy temperatury powietrza umożliwiły rekonstrukcję klimatu w XVII-XVIII wieku z prognozą na wiek XXI (Boryczka i in., 1992; Boryczka, 1993). W późniejszych rozszerzonych badaniach uwzględniono także wpływ działalności wulkanicznej na klimat (np. Boryczka, 1998; Boryczka, Stopa-Boryczka, 2000, 2014). Autorzy podkreślają, że nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia wynika z przyczyn naturalnych, a jaka z intensyfikacji efektu cieplarnianego atmosfery (np. Boryczka, Stopa-Boryczka, 2014). Niektórzy twierdzą, że zmiany w oddziaływaniu efektu cieplarnianego na temperaturę powietrza są nieznaczne (np. Łykowski, 2007).

Druga grupa badaczy (np. Kundzewicz, 2008, 2013; Kundzewicz, Kozyra, 2011; Kundzewicz, Kowalczyk, 2008; Sadowski, 2008) uważa, że główną przyczyną ocieplenia w ostatnich kilkudziesięciu latach jest nasilenie efektu cieplarnianego powstałego w wyniku wzrostu koncentracji gazów cieplarnianych, przede wszystkim dwutlenku węgla, pochodzącego ze stale wzrastającego spalania paliw kopalnych, a także zmiany użytkowania gruntów (Leśny, 2010).

Jedną z pierwszych prac, w których poruszono zagadnienie zmian klimatu Polski w kontekście rozwoju efektu cieplarnianego i globalnego ocieplenia, było opracowanie A. Oleckiej (1993). Za podstawę określenia przyszłych zmian

klimatu w Polsce, związanych z możliwością podwojenia się CO₂ w atmosferze, autorka przyjęła jeden z wariantów modelu globalnego cyrkulacji atmosfery, opracowanego przez Hansena z Goddard Institute for Space Studies (GISS GDM).

Scenariusz zmian temperatury i opadu dla polskiego wybrzeża Bałtyku opracował M. Miętus (1996), uwzględniając ekstrapolację właściwej funkcji trendu i zakładany wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze zgodnie z założeniami przyjętymi przez IPCC. Analiza porównań wyników globalnych modeli klimatu przeprowadzona przez M. Liszewską i M. Osuch (1999) pokazała, że poszczególne scenariusze różnią się i na ich podstawie trudno jest wnioskować o rozkładach przestrzennych pola temperatury i opadów atmosferycznych. Jak wykazał J. Jędruszkiewicz (2010), wszystkie badane regionalne modele klimatu (HIRHAM5, RCA3, CLM, HadRM3 oraz RegCM3) jednoznacznie wskazują na ocieplenie klimatu między latami 1961-1990 a 2021-2050. Wzrost dotyczy średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza.

W niektórych projekcjach stwierdzono jednak, że temperatura powietrza w Polsce w okresie 2011-2030 nie zmieni się w stosunku do wartości średnich z okresu referencyjnego 1971-1990 (Miętus i in., 2012).

W przypadku opadów większość modeli nie wykazuje wyraźnej tendencji zmian.

Na podstawie scenariusza zmian klimatu opisanego przez model HadCM2 (Papiernik, 2004) została wykonana prognoza warunków bioklimatycznych. Inny model HadRM3-Precis wykorzystał J. Pińskwar (2010) w celu określenia zmian zachodzących w ekstremalnych opadach atmosferycznych na terenie Polski. Z kolei A. Jacewski i in. (2014) do zbadania potencjalnych zmian w przyszłości wskaźników temperatury w Polsce na lata 2011-2030 wykorzystali model regionalny RegCM3.

W ostatnich latach pojawiły się prace zespołowe dotyczące przyszłych zmian klimatu pod kątem ich wpływu na środowisko, różne gałęzie gospodarki i społeczeństwo. Na przykład, w projekcie KLIMAT (IMGW-PIB, 2012) wykorzystano dwa typy scenariuszy klimatycznych na lata 2011-2030: statystyczno-empiryczne scenariusze dotyczące wybranych elementów meteorologicznych (temperatura powietrza, opady atmosferyczne, zachmurzenie, wilgotność powietrza) na podstawie symulacji modelu ECHAM-5 i statystyczno-empirycznego downscalingu oraz scenariusze dynamiczne, w których symulacje klimatyczne przeprowadzono za pomocą modelu Reg CM31. Z kolei w projekcie KLIMADA, który był realizowany w latach 2011-2013 na zlecenie Ministra Środowiska przez IOS-PIB wraz z zespołem ekspertów zewnętrznych, w opracowaniach scenariuszy dla Polski wykorzystano wiązkę 8 symulacji, w tym 7 modeli regionalnych z warunkami brzegowymi z 4 modeli globalnych (ARPEGE, ECHAM5, BCM, HadCM3Q0). Analizy przeprowadzono w odniesieniu do dwóch okresów prognostycznych 2021-2050 oraz 2071-2100, przyjmując jako okres referencyjny 30-lecie 1971-2000 (Sadowski, 2013).

Teoria o antropogenicznej genezie ocieplenia globalnego stała się oficjalną podstawą polityki proekologicznej i gospodarczej państwa (np. Sadowski, Sobolewski, 2007; Kundzewicz, 2012).

Spodziewane zmiany klimatu spowodowały zainteresowanie zmianami klimatu badaczy w naukach przyrodniczych (np. Kornatowska, Smogorzewska, 2010; Lipa, 1998), a także w naukach społecznych (np. Pietraś, 2010). Wyniki pierwszych prac dotyczących ekonomicznych konsekwencji zmian klimatu dla polskiego rolnictwa opublikowano już w roku 1993 (Bis i in., 1993). Bardziej szczegółowe analizy przedstawiono w 1997 r. (Górski i in., 1997). W opracowaniach tych wykorzystano dostępne wówczas dwa scenariusze klimatyczne oparte na założeniu podwojenia się ilości dwutlenku węgla w atmosferze: GISS i GFDL.

W ostatnich latach w Polsce do oceny możliwych skutków wpływu zmian klimatu na gospodarkę i społeczeństwo wykorzystuje się scenariusze klimatyczne dla Europy opracowane w projekcie PRUDENCE (ang. *Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining Europea N Climate change risks and Effects*; <http://prudence.dmi.dk>) lub zawarte w IV Raplocie Oceniającym IPCC (Climate Change, 2007). W obu przypadkach podstawą symulacji są scenariusze SRES (Dymerska, Grabowska, 2014).

Warto podkreślić, że w niewielkim stopniu do opinii publicznej dochodzą głosy (nie tylko klimatologów) o tym, że hipoteza o globalnym ociepleniu wywołana działalnością człowieka nie jest jeszcze dostatecznie udowodniona (np. Jaworowski, 2006; Lityński, 2006; Gosiewski, 2009).

Jak wiadomo, warunkiem uzyskania wiarygodnych scenariuszy i prognoz przyszłego klimatu są informacje na temat przeszłych zmian klimatu i ich przyczyn. Wiedza o wahanich klimatu z ostatniego tysiąclecia bardzo poszerzyła się pod koniec XX i na początku XXI wieku, choć jest dość zróżnicowana (Przybylak, 2006). Bardzo ważne są dane z okresu przedindustrialnego, kiedy o zmienności klimatu decydowały tylko czynniki naturalne. W tym przypadku wykorzystuje się przede wszystkim metody historyczne, dendrochronologiczne i geofizyczne. Tego typu opracowania przedstawili poza wcześniej wspomnianymi H. Maruszczakiem i M. Sadowskim m. in.: Z. Bednarz (1996); A. Bokwa i in. (2001); D. Limanówka (2001); R.J. Kaczka (2004); T. Niedźwiedź (2004, 2010); Niedźwiedź i in. (2015). W ostatnich latach większość tego typu prac jest prowadzona głównie w ośrodku toruńskim (m.in.: Wójcik i in., 1999, 2000; Majorowicz i in., 2001, 2004; Przybylak, 2006, 2007, 2011; Przybylak in., 2001, 2004, 2005, 2014).

Ze zrozumiałych względów najwięcej informacji pochodzi jednak z okresu obserwacji instrumentalnych. Do danych z przeszłości należy podchodzić z krytycyzmem, bowiem niektóre ich serie (np. z przełomu XIX i XX wieku), wykorzystywane we wcześniejszych pracach, ze względu na brak homogeniczności są mało wiarygodne (np. Ziarnicka-Wojtaszek, Zawora, 2008).

W omawianym okresie spotykamy wiele prób rekonstrukcji warunków klimatycznych (temperatury powietrza i opadów atmosferycznych) dotyczących wybra-

nych miast Polski: Puław (Górski, Marciniak, 1992), Warszawy (Lorenc, 2000), Wrocławia (Bryś K., Bryś T., 2010), Gdańska (Miętus, 1998; Filipiak, 2011), Krakowa (Trepieńska, 1997; Twardosz, 1999), Łodzi (Wibig, Rzepa, 2007), Bydgoszczy i Torunia (Vizi i in., 2001) oraz obszarów górskich: Śnieżki (Głowicki, 1998) i Tatr (Niedźwiedź, 2004). Dość silna korelacja temperatury powietrza na obszarze Polski powoduje, że do charakterystyki warunków termicznych całej Polski najczęściej są wykorzystywane najdłuższe serie danych pochodzące z Warszawy (od 1779 r.) i Krakowa (1792 r.).

Niezmiernie ważnym zagadnieniem jest rola edukacyjna osób zajmujących się zmianami i wahaniami klimatu. Ograniczając się tylko do podręczników skierowanych głównie do studentów, warto zwrócić uwagę na dość wyważone stwierdzenia dotyczące przyczyn zmian i wahań klimatu, zawarte w tych opracowaniach. Omawiane są tu zarówno przyczyny naturalne, jak i antropogeniczne zmian klimatu, bez przesadzania, która hipoteza w najlepszym stopniu wyjaśnia współczesne zmiany i wahania klimatu, np. Kossowska-Cezak (2007); Kożuchowski (2005; 2011); Woś (2010).

Wnioski

Badania zmian i wahań klimatu Polski na dużą skalę rozpoczęły się na przełomie XX i XXI wieku. Ma to związek z pojawianiem się coraz dłuższych serii danych, możliwości ich pozyskiwania (bazy danych), nowych metod opracowania, a także znacznym zainteresowaniem całego społeczeństwa. Dużym utrudnieniem w badaniach zmian klimatycznych jest brak w pełni jednorodnego materiału pomiarowego ze stacji meteorologicznych działających w dłuższym okresie. Wiąże się to z faktem, że praktycznie w każdym przypadku uległo zmianie otoczenie stacji, co przyczyniło się do zmian temperatury powietrza (najczęściej wzrostu) i innych elementów klimatu. Ten wpływ zmiany otoczenia jest bardzo trudny do określenia i wyeliminowania. Ze względu na różną długość analizowanych danych i stosowane różne metody badań wnioski uzyskane z prac są w wielu przypadkach nieporównywalne. W zależności od przyjętego okresu badań określa się te zmiany jako istotne statystycznie lub też nieistotne.

Opinie na temat przyczyn i skutków globalnego ocieplenia są wśród klimatologów polskich podzielone. Ten podział wpływa m.in. na sposób interpretacji zachodzących zmian w atmosferze i widoczny jest w cytowaniu tylko prac autorów o podobnych poglądach na przyczyny zmian klimatu.

Prace klimatologiczne, w których wykorzystuje się szeregi danych, interesują stosunkowo niewiele osób poza klimatologami. W wyraźnie mniejszym stopniu informacje te wykorzystują przedstawiciele innych dziedzin nauki i decydenci, bo wyniki wspomnianych prac odnoszą się głównie do tego, co było. Tymczasem

wiele osób interesuje przyszłość klimatu. Prognozy zmian klimatu sformułowane na podstawie szeregu danych występują w niewielu pracach i w większości nie są praktycznie wykorzystywane.

Pomimo wieloletnich badań zmian i wahań klimatu stan wiedzy o zmienności czasowej i przestrzennej niektórych zjawisk klimatycznych nie jest niewystarczający do weryfikacji aktualnych tendencji ich zmian i symulacji modelowych. Dotyczy to zwłaszcza zjawisk ekstremalnych.

Przyjęcie hipotezy o zmianach klimatu wywołanych działalnością człowieka i możliwością kontroli zmian klimatu (przez ograniczenie emisji gazów cieplarnianych) jest łatwe do zaakceptowania przez większość badaczy z różnych dziedzin nauki, a także decydentów, bowiem bardzo upraszcza „widzenie świata”. Pozwala na powstanie nowych obszarów badań w różnych dziedzinach życia (np. w energetyce, transporcie, turystyce). Duże problemy stwarza jednak wielość stosowanych modeli, bowiem w niektórych przypadkach, przy wykorzystaniu tych samych danych, uzyskuje się inne informacje na temat zmian np. temperatury powietrza. Wyniki badań z modeli zależą bowiem od wprowadzonych do modelu elementów fizycznych – dają różne „prognozy” klimatu (temperatury i opadów) w skali regionalnej. Modele używane do symulacji zmian klimatu pozwalają uwzględnić różne strategie rozwoju ekonomicznego świata. W efekcie wyniki symulacji wykonanych przy użyciu tych modeli są różne i zależne od przewidywanych scenariuszy emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń. Problemem jest daleki horyzont czasowy przedstawianych scenariuszy (często do roku 2100), co zmniejsza odpowiedzialność za postawione prognozy.

Stosunkowo mało miejsca zarówno w literaturze (nieliczne pozycje), jak i na sympozjach i konferencjach poświęca się dyskusji naukowej, która pozwoliłaby zbliżyć wspomniane wcześniej różne podejścia do przyczyn zmian i wahań klimatu.

Coraz więcej pojawia się głosów, że jest bardzo prawdopodobne, iż w rzeczywistości współczesne ocieplenie jest wynikiem sumowania się działania przyczyn naturalnych i antropogenicznych. Dlatego wydaje się, że dalszy postęp w badaniach klimatu będzie polegał na opracowaniu prognoz uwzględniających naturalne i antropogeniczne czynniki klimatu, przy wykorzystaniu modeli uwzględniających oba te czynniki.

Można sądzić, że zbliżenie stanowisk m.in. w sprawie przyczyn zmian klimatu mogłoby nastąpić w wyniku realizacji wielokrotnie sygnalizowanego Narodowego Programu Klimatycznego

Materiały wpłynęły do redakcji 20 X 2015.

Literatura

- Bednarz Z., 1996, *June-July temperature variation for the Babia Góra National Park, Southern Poland, for the period 1650-1910*. Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 102, 523-529.
- Bednarz Z., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkel B., Olecki Z., Trepiańska J., 1993, *Zmiany klimatu w Polsce południowej*. [w:] K. Kożuchowski (red.) *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Materiały z międzynarodowej konferencji, Szczecin, 31 maja-1 czerwca 1993, 263-275.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, *Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951-2006*. Prace Geograficzne, 132, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków, 59-98.
- Biernacik D., Filipiak J., Miętus M., Wójcik R., 2010, *Zmienność warunków klimatycznych w Polsce po roku 1951. Rezultaty projektu KLIMAT*. [w:] E. Bednorz i L. Kolendowicz (red.) *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i konsekwencje*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 9-21.
- Bis K., 1993, *Przewidywane zmiany klimatyczne i ich ekonomiczne konsekwencje dla rolnictwa polskiego*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Sesja Naukowa, 38 (279), I, 187-199.
- Bokwa A., Limanówka D., Wibig J., 2001, *Pre-instrumental weather observations in Poland in the 16th and 17th centuries*. [w:] *History and Climate. Memories of the Future?* Jones P. D., Jones P. D., Ogilvie A. E. J., Davies T. D., Briffa K. R. (red.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, Dordrecht-Boston-London, 9-27.
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*. Rozprawy UW, Nr 234, Warszawa.
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*. UW, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*. Wyd. Akad. DIALOG, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., 1992, *Atlas współzależności elementów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. 8, *Zmiany wiekowe klimatu Polski*. Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Boryczka M., 2000, *Zmiany klimatu Polski w XVIII-XXI wieku*. Acta UNC Toruń, Nauki Mat. Przyrod., 106, Geografia 31, 65-89.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2014, *Atlas współzależności elementów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. 31-32, *Modele empiryczne przestrzennych i czasowych zmian klimatu Europy z wyodrębnieniem Polski (ważniejsze wyniki badań)*. Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Wicik B., 1983, *Holocenne cykle klimatu w środkowej Polsce na podstawie statystycznej analizy osadów jeziornych*. Prz. Geof., 28, 3-4, 291-302.
- Bryś K., Bryś T., 2010, *Reconstruction of the 217-year (1791-2007) Wrocław air temperature and precipitation series*. Bulletin of Geography, Physical Geography Series, 3, 121-171.
- Bujak F., 1932, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i krajach sąsiednich w latach 1450-1586*. Instytut Wspierania Polskiej Twórczości Naukowej, Lwów.
- Cebulka M., Twardosz R., Cichocki J., 2007, *Zmiany rocznych sum opadów atmosferycznych w dorzeczu górnej Wisły w latach 1881-2030*. [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. IGiGP UJ, Kraków, 383-390.
- Climate Change, 2007, *The Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernment Panel on Climate Change*.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2012, *Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 12, 2 (38), 45-60.
- Degirmendzić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002, *Uwarunkowania cyrkulacyjne zmienności temperatury powietrza w Polsce w okresie 1951-2000*. Prz. Geof., 47, 1, 293-298.
- Degirmendzić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2004, *Changes of air temperature and precipitation in Poland in the period 1951-2000 and their relationship to atmospheric circulation*. Int. Journal of Climatology, 24, 3, 291-310.
- Dunin-Wąsowicz T., 1974, *Zmiany w topografii osadnictwa wielkich dolin na niżu środkowo-europejskim w XIII w.* Wrocław.

- Dymerska A., Grabowska K., 2014, *Prognozowanie plonów łubinu żółtego w zależności od wybranych scenariuszy zmian klimatu*. Acta Agrophysica, Monografie, 2.
- Farat R., 1993, *Susze w latach 1951-1990 w Polsce Zachodniej – oscylacje czy zmiany klimatyczne*. [w:] K. Kozuchowski (red.), *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Materiały z międzynarodowej konferencji, Szczecin, 31 maja-1 czerwca 1993, 145-158.
- Filipiak J., 2011, *Długookresowa zmienność opadów atmosferycznych w Gdańsku w okresie 1880-2008*. Prace i Studia Geograficzne, UW, 47, 119-128.
- Fortuniak K., Kozuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. Prz. Geof., 46, 4, 283-303.
- Girguś R., Strupczewski W., 1965, *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach Polskich w wiekach od X do XVI*. WKiŁ, Warszawa.
- Giriatiowicz J.P., Kozuchowski K., 1993, *Tendencje i cykliczne wahania wskaźników zlodzenia i temperatury powietrza przy polskim wybrzeżu Bałtyku*. [w:] K. Kozuchowski (red.), *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Materiały z międzynarodowej konferencji, Szczecin, 31 maja-1 czerwca 1993, 190-204.
- Głowicki B., 1998, *Wieloletnia seria pomiarów temperatury powietrza na Śnieżce*. [w:] Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, 1, Wyd. Acarus, Poznań.
- Gorczyński W., 1915, *O zmianach długoletnich temperatury powietrza w Polsce i w Eurazji*. Sprawozd. z posiedzeń Tow. Nauk. Warszawskiego, Rok VIII, 2, Warszawa.
- Gosiewski K., 2009, *Antropogeniczne globalne ocieplenie w świetle wiedzy*. Przemysł Chemiczny, 88, 8, 898-906.
- Górski T., Deputat T., Górka K., Marcinkowska I., Spoz-Pač W., 1997, *Rozkłady statystyczne plonów głównych roślin uprawnych dla stanu aktualnego i dwóch scenariuszy klimatycznych*. IUNG, Project Report.
- Górski T., Marciniak K., 1992, *Temperatura powietrza w Puławach w ciągu lat 1871-1990. I, Średnia temperatura miesięczna*. Pam. Puławski, Prace IUNG, 100, 7-26.
- Gumiński R., 1949, *35-letnie „okresy” wahań klimatycznych Brücknera w świetle klimatologii dzisiejszej*. Wiad. Służby Hydr. i Met., I, 4, 51-63.
- Harasimiuk K., 2012, *Dzieje Instytutu Geograficznego w Uniwersytecie Lwowskim w latach 1883-1939*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 446.
- Hess M., 1968, *Próba rekonstrukcji klimatu na terenie Polski Południowej*. Folia Quaternaria, 29, 21-39, Kraków.
- Hohendorf E., 1970, *Zmienność opadów atmosferycznych w ostatnim stuleciu w Bydgoszczy 1861-1960*. Prace i Studia Kom. Gosp. Wod. i Surow., 10, 221-237.
- IMGW-PIB, 2012, *KLIMAT. Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego*. Raport końcowy, Warszawa.
- Jaczeński A., Brzózka B., Wibig J., 2014, *Comparison of temperature indices for three IPCC SRES scenarios based on RegCM simulations for Poland in 2011-2030 period*. Meteorologische Zeitschrift, 24, 1, 99-106.
- Jaworowski Z., 2006, *Czy lodowce mówią prawdę o CO₂ w atmosferze*. Prz. Geof., 51, 1, 25-33.
- Jędruszkiewicz J., 2010, *Projekcje zmian warunków termicznych dla Polski na lata 2012-2050 na podstawie regionalnych modeli klimatu*. [w:] E. Bednorz i L. Kolendowicz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i konsekwencje*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 65-77.
- Jokiel P., Kozuchowski K., 1989, *Zmiany wybranych charakterystyk hydroklimatycznych Polski w bieżącym stuleciu*. Dokumentacja Geograficzna, 6.
- Kaczka R.J., 2004, *Dendrochronologiczny zapis zmian klimatu Tatr od schyłku Małej Epoki Lodowej (na przykładzie Doliny Gąsienicowej)*. [w:] A. Kotarba (red.), *Rola Małej Epoki Lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr*. Prace Geograficzne, 197, 89-113.
- Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim: tendencje, okresowość oraz prawdopodobieństwo wystąpienia niedoboru i nadmiaru opadów*. Prace Geograficzne, PAN 33, Wyd. Geologiczne.

- Kaszewski B.M., 2006, *Próba oceny zmian klimatu na Lubelszczyźnie w drugiej połowie XX wieku*. [w:] J. Trepiańska i Z. Olecki (red.), *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*. IGI GP UJ, 127-138.
- Kaszewski B.M., 2008, *Warunki klimatyczne Lubelszczyzny*. Wyd. UMCS. Lublin, ss. 60.
- Kornatowska B., Smogorzewska M., 2010, *Zmiany klimatu a ekosystemy leśne: aktualna polityka klimatyczna*. *Leśne Prace Badawcze*, 71, 4, 415-421.
- Kosiba A., 1946, *Klimat Ziemi Śląskich*. Katowice-Wrocław, 1948.
- Kosiba A., 1949, *Zagadnienie współczesnych oscylacji klimatycznych*. *Czas. Geogr.*, 20, 1-4, 31-58.
- Kosiba, A. 1962, *Zagadnienia ostatniego ochłodzenia klimatu po 1939 roku*. *Czas. Geogr.*, 33, 1, 63-71.
- Kossowska-Cezak U., 2007, *Podstawy meteorologii i klimatologii*. Wyd. Szkoły Wyższej Przymierza Rodzin, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., 2010, *Występowanie pogody gorącej w Warszawie*. *Prz. Geof.* 55, 205-207.
- Kossowska-Cezak U., 2014, *Zmiany wieloletnie średniej dobowej temperatury powietrza w Warszawie (1947-2013)*. *Prz. Geof.*, 59, 127-139.
- Kożuchowski K., 1982, *Współczesne tendencje zmian rocznych sum opadów w Polsce (1931-1980)*. *Prz. Geof.*, 27, 3-4, 251-260.
- Kożuchowski K., (red.), 1990, *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Kożuchowski K., 1993, *Antropogenne oddziaływania na klimat*. [w:] K. Kożuchowski (red.), *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Materiały z międzynarodowej konferencji, Szczecin, 31 maja-1 czerwca 1993, 19-43.
- Kożuchowski K., 2004, *Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku*. [w:] K. Kożuchowski (red.), *Skala i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Łódź, 47-57.
- Kożuchowski K. (red.) 2005, *Meteorologia i klimatologia*. Wyd. Nauk. PWN.
- Kożuchowski K., 2011, *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*. Wyd. Nauk. PWN.
- Kożuchowski K., Marciniak K., 1986, *Fluktuacje kontynentalizmu klimatu Polski na tle warunków cyrkulacyjnych i solarnych*. *Prz. Geof.*, 31, 2, 139-152.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. *Prz. Geof.*, 46, 1-2, 81-90.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2003, *100-years series of areally averaged temperatures and precipitation totals in Poland*. *Acta Univ. Wratislaviensis*, 2542, *Studia Geogr.*, 75, 116-122.
- Kuła A., 2009, *Henryk Arctowski – pionier badań wpływu aktywności Słońca na zmiany pogody i klimatu*. *Prz. Geof.*, 54, 1-2, 19-23.
- Kundzewicz Z.W., 2008, *Wprowadzenie – globalne ocieplenie klimatu*. *Kosmos* 57, 3-4, 173-182.
- Kundzewicz Z.W., 2012, *Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki – możliwości przeciwdziałania i adaptacji*. [w:] M. Sobolewski (red.), *Polityka klimatyczna*, *Studia Biura Analiz Sejmowych Kancelarii Sejmu*, 1 (29), 9-30.
- Kundzewicz Z.W., 2013, *Ciepłszy świat. Rzecz o zmianach klimatu*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kundzewicz Z. W., Kowalczak P., 2008, *Zmiany klimatu i ich skutki*. Wydawnictwo Kurpisz SA, Poznań, ss. 214.
- Kundzewicz Z. W., Kozyra J., 2011, *Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich*. *Polish Journal of Agronomy*, 7, 68-81.
- Lambor J., 1954, *Stepowanie środkowych obszarów Polski*. *Prace PIHM*, 34.
- Leśny J. (red.), 2010, *I Ty masz wpływ na klimat*. Wyd. Wielkopolskie Stowarzyszenie Sołtysów.
- Limanówka D., 2001, *Rekonstrukcja warunków klimatycznych Krakowa w pierwszej połowie XVI wieku*. *Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia*, 33.
- Limanówka D., Biernacik D., Czernecki B., Farat R., Filipiak J., Kasprowicz T., Pyrc R., Urban G., Wójcik R., 2012, *Zmiany i zmienność klimatu od połowy XX w.* [w:] J. Wibig i E. Jakusik (red.), *Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym. Spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej*, 7-33.
- Lipa J.J., 1998, *Entomologia stosowana i ochrona roślin w XXI wieku*. *Wiad. Entomol.*, 17 Supl., 51-77.

- Liszewska M., Osuch M., 1999, *Analiza wyników globalnych modeli klimatu dla Europy Środkowej i Polski*. [w:] *Zmiany i zmienność klimatu Polski. Ich wpływ na gospodarkę, ekosystemy i człowieka*. Ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź, 4-6 listopada 1999, 129-141.
- Lityński J., 2006, *Dwutlenek węgla a zmiany klimatu*. Prz. Geof., 51, 1, 5-23.
- Lorenc H., 2000, *Studia nad 220-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*. Mat. Bad., Seria, Meteorologia, 31, ss.104.
- Łykowski B., 2007, *O naturalnych i antropogenicznych zmianach klimatu*. Prz. Nauk. Inż. i Kształt. Środ., 1(35), 85-92.
- Mager P., Kuźnicka-Błaszczńska M., 1993, *Wybrane parametry fal chłodu i ciepła w Poznaniu w latach 1911-1990*. [w:] K. Kożuchowski (red.), *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Materiały z międzynarodowej konferencji, Szczecin, 31 maja-1 czerwca 1993, 277-288.
- Majorowicz J., Safanda J., Przybylak R., Wójcik G., 2001, *Rekonstrukcja zmian temperatury powierzchni gruntu w Polsce w ostatnim 500-leciu na podstawie profili geotermicznych*. Prz. Geof., 46, 4, 305-321.
- Majorowicz J., Safanda J., Przybylak R., Wójcik G., 2004, *Ground surface temperature history in Poland in the 16th-20th century derived from the inversion of geothermal profiles*. Pure and Applied Geophysics, 161, 351-363.
- Malewicz M. H., 1980, *Zjawiska przyrodnicze w relacjach dziejopisarzy polskiego średniowiecza*. Monografie z dziejów nauki i techniki, 123, Wrocław.
- Marosz M., Wójcik R., Biernacik D., Jakusik E., Pilarski M., Owczarek M., Miętus M., 2011, *Zmienność klimatu Polski od połowy XX wieku. Rezultaty projektu KLIMAT*. Prace i Studia Geograficzne UW, 47, 51-66.
- Marsz A.A., 2013, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na wzrost temperatury powietrza nad Polską w warunkach zmiennych zasobów ciepła w Atlantyku Północnym*. Prz. Geof., 58, 3-4, 3-19.
- Maruszczak H., 1988, *Zmiany środowiska przyrodniczego kraju w czasach historycznych*, [w:] L. Starkel (red.), *Przemiany środowiska geograficznego Polski*, Wszechnica PAN, Ossolineum, Wrocław, 109-135.
- Maruszczak H., 1991, *Tendencje do zmian klimatu w ostatnim tysiącleciu*. [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa, 182-190.
- Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*. J. Cotty, Warszawa.
- Michalska B., 2009, *Variability of air temperature in North Western Poland*. [w:] Z. Szwejkowski (red.), *Environmental aspects of climate change*. Wyd. UW-M, Olsztyn, 2009, 89-107.
- Michalska B., 2011, *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce*. Prace i Studia Geograficzne, 47, 67-75.
- Miętus M., 1996, *Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030*. Materiały Badawcze IMGW, 26, Meteorologia, Gdynia.
- Miętus M., 1998, *O rekonstrukcji i homogenizacji wieloletnich serii średniej temperatury ze stacji w Gdańsku-Wrzeszczu 1851-1995*. Wiad. IMGW, 21, 41-63.
- Miętus M., Biernacik D., Czernecki B., Filipiak J., Marosz M., Owczarek M., Pilarski M., Wójcik R., 2012, *Statystyczno-empiryczne projekcje wybranych elementów klimatu Polski na lata 2011-2030*, [w:] Wibig J., Jakusik E. (red.), *Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym. Spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej*, 34-3.
- Morawska-Horawska M., 1984, *Współczesne zmiany w zachmurzeniu i osłonecznieniu Krakowa na tle 120-lecia*. Prz. Geof., 29, 3, 271-284.
- Morawska-Horawska M., 1991, *Wpływ rozwoju miasta i globalnego ocieplenia na wzrost temperatury powietrza w Krakowie w 100-leciu 1881-1980*. Prz. Geof., 36, 4, 321-328.
- Namaczyńska S., 1937, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i w krajach sąsiednich w latach 1648-1696*. Lwów.
- Niedźwiedź T., 2004, *Rekonstrukcja warunków termicznych lata w Tatrach od 1550 roku*. Prace Geograficzne, 197, 57-88.
- Niedźwiedź T., 2010, *Summer Temperatures in the Tatra Mountains During the Maunder Minimum (1645-1715)*. [in:] R. Przybylak, J. Majorowicz, R. Brzdil, M. Kejna (red.), *The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview*, Springer, Berlin Heidelberg New York, 397-406.

- Niedźwiedz T., Glaser R., Hansson D., Helama S., Klimenko V., Łupikasza E., Małarzewski Ł., Nordli Ø., Przybylak R., Riemann D., and Solomina O., 2015, *The Historical Time Frame (Past 1000 Years). Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin (Regional Climate Studies)*.
- Obrębska-Starkel B., Starkel L., 1991, *Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego*. Zeszyty IGiPZ PAN, 4.
- Okołowicz W., 1947, *Rekonstrukcja klimatu i jego zmian na podstawie morfologii terenu*. Prz. Geogr., 21, 1-2, 83-92.
- Okołowicz W., 1969, *Klimatologia ogólna*. PWN, Warszawa.
- Olecka A., 1993, *Scenariusze zmian klimatu w Polsce opracowane na podstawie modelu GISS GCM*. [w:] K. Kożuchowski (red.), *Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*. Materiały z międzynarodowej konferencji, Szczecin, 31 maja-1 czerwca 1993, 55-66.
- Paczos S., 1984, *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*. Rozprawy Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS, Rozprawy habilitacyjne, 24, Lublin.
- Papiernik Ż., 2004, *Wskaźniki klimatu odczuwalnego w Polsce; zmiany w okresie 1951-2000 i prognoza na lata 2051-2060*. [w:] K. Kożuchowski (red.), *Skala i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Łódź, 139-169.
- Paszyński J., Sadowski M., 1986, *Perspektywy i możliwości rozwoju oraz kierunki badań naukowych z zakresu meteorologii i fizyki atmosfery*. (Referat na III Kongres Nauki Polskiej, przygotowany w Komitecie Meteorologii i Fizyki atmosfery) Prz. Geof., 31, 4, 409-419.
- Pietkiewicz A., 1883, *Zmienność temperatury rocznej w Warszawie*. Pamiętnik Fizjograficzny, 3.
- Pietkiewicz A., 1889, *Stosunki opadu atmosferycznego w Warszawie*. Pamiętnik Fizjograficzny, 9.
- Pietraś M., 2010, *Globalny problem zmian klimatu. Analiza politologiczna*. Teka Kom. Politol. Stos. Międzynar., OL PAN, 5, 5-35.
- Pińskwar I., 2010, *Projekcje zmian w ekstremach opadowych w Polsce*. Komitet Gospodarki Wodnej PAN, 32, Warszawa.
- Polackówna M., 1925, *Wahania klimatyczne w Polsce w wiekach średnich (940-1500)*. Prace Geograficzne, 5, 65-126.
- Przybylak R., 2006, *Zmiany klimatu Polski w ostatnich stuleciach*. [w:] M. Gutry-Korycka, A. Kędziora, L. Starkel i L. Ryszkowski (red.), *Długookresowe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania Ziemi*. Komitet Narodowy IGBP do spraw Międzynarodowego Programu „Zmiany Geosfery i Biosfery (IGBP-Global Change)” PAN i Zakład Badania Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, 29-47.
- Przybylak R., 2007, *The change in the Polish climate in recent centuries*. Papers on Global Change IGBP, 14, 7-23.
- Przybylak R., 2011, *Changes in Poland's climate over the last millennium*. Czas. Geogr., 82, 23-48.
- Przybylak R., Filipiak J., Oliński P., 2014, *Obserwacje meteorologiczne Gottfrieda Reygera w Gdańsku w latach 1722-1769 i ich przydatność do badań zmian klimatu*. Przegląd Naukowy, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 23, 4, 360-375.
- Przybylak R., Majorowicz J., Wójcik G., 2001, *Zmiany temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Polsce w okresie XVI-XX wiek*. Prace i Studia Geograficzne, 29, 79-92.
- Przybylak R., Majorowicz J., Wójcik G., Zielski A., Chorążyczewski W., Marciniak K., Nowosad W., Oliński P., Syta K., 2005, *Temperature changes in Poland from the 16th to the 20th centuries*. Int. J. Climatol., 25, 773-791.
- Przybylak R., Wójcik G., Marciniak K., Chorążyczewski W., Nowosad W., Oliński P., Syta K., 2004, *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Polsce w okresie 1501-1840 w świetle danych historycznych*. Prz. Geogr., 76, 1, 5-31.
- Reichhart S., 1978, *Meteorologia dla przyszłości*. Prz. Geof., 23(31), 4, 259-263.
- Romer E., 1947, *O współczesnej oceanizacji klimatu europejskiego*. Prz. Geogr., 21, 1-2, 103-106.
- Rychliński J.P., 1927, *O wieloletnich średnich wysokościach rocznych opadów w Warszawie*. Prace Meteorol. i Hydrol., PIM, 3, Warszawa.

- Sadowski M., 1981, *Światowy program klimatyczny – cele i zadania*. Prz. Geof., 26, 1-2, 3-13.
- Sadowski M., 1986, *Głód, klimat i historia*. Problemy, 5, 34-37.
- Sadowski M., 1991, *Variability of extreme climatic events in Central Europe since the 13th Century*. Zeitschrift für Meteorologie, 41, 350-356.
- Sadowski M., 2008, *Strategia adaptacji rolnictwa do zmian klimatu* [w:] M. Sadowski, J. Wilkin, I. Kołomyjska, Z. Karaczun, K. Witeska (red.), *Zmiany klimatu a rolnictwo i obszary wiejskie*. Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Warszawa, 7-14.
- Sadowski M., (red.), 2013, *Adaptacja wrażliwych sektorów i obszarów Polski do zmian klimatu do roku 2070. Projekt KLIMADA*. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ochrony Klimatu, Warszawa.
- Sadowski M., Limanówka D., Dąbrowska-Markiewicz G., 2002, *Wykrywanie antropogenicznych zmian temperatury*. [w:] *Działalność naukowa profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*. Sympozjum Klimatologiczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, Toruń, 16-17 IX 1993.
- Sadowski M., Sobolewski M., 2007, *Zmiany klimatu i ich skutki*. INFOS. Zagadnienia społeczno-gospodarcze. Biuro Analiz Sejm, 23, 1-4.
- Schmuck A., 1964, *Czy klimat Polski ulega ochłodzeniu*. Czas. Geogr., 35, 1, 87-82.
- Semkowicz W, 1922, *Zagadnienie klimatu w czasach historycznych*. Prz. Geogr., 3, 18-42.
- Smosarski W., 1923, *Temperatura i opady na Pomorzu podług obserwacji wieloletnich*. Roczn. Nauk Roln., 9, Poznań.
- Trepińska J., 1971, *The secular course of air temperature in Cracow on the basis of the 140 –years series of meteorological observations (1826-1965) made at the Astronomical Observatory of the Jagiellonian University*. Acta Geoph. Polonica, 19, 3, Warszawa.
- Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*. Prz. Geof., 18 (25), 1-2, 39-49.
- Trepińska J., 1977, *O temperaturze i opadach w Krakowie na tle współczesnych zmian klimatycznych*. Prz. Geof., 22 (30), 3-4, 225-229.
- Trepińska J. (red.), 1997, *Wahania klimatu w Krakowie*. Instytut Geografii UJ, Kraków.
- Twardosz R., 1999, *Warunki pluwalne w Krakowie w latach 1792-1998*. Czas. Geogr., 70, 2, 221-234.
- Tyczyńska M., 1957, *Klimat Polski w okresie trzyczęściowym i czwartorzędiowym*. Czas. Geogr., Wrocław, 28, 2, 131-170.
- Vizi Z., Marciniak K., Przybylak R., Wójcik G., 2001, *Homogenisation of seasonal and annual air temperature series from Bydgoszcz and Torun*. Annales Univ. M. Curie-Skłodowska, LV/LVI, 43, Lublin, 357-367.
- Walawender A., 1932, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i krajach sąsiednich w l. 1450-1586*, Część 1: *Zjawiska meteorologiczne i pomory*. Badania z Dziejów Społ. i Gosp., Lwów, 10-11, 299 ss.
- Warakowski W., 1989, *Uwagi o kształceniu klimatologów w Polsce*. Prz. Geof., 34, 2, 201-209.
- Werchracki R., 1938, *Klęski elementarne w Polsce w latach 1587-1647*. Część 1: *Zjawiska meteorologiczne, stan urodzajów i pomory bydła*. Sprawozdania Towarzystwa Naukowego Lwów, 18, 3, 321-326.
- Wibig J., Rzepa M., 2007, *Rekonstrukcja serii dobowych sum opadu w Łodzi w latach 1904-2000*. [w:] M. Miętus, J. Filipiak, A. Wyszowski (red.), *200 lat regularnych pomiarów i obserwacji meteorologicznych w Gdańsku*. Monografie IMGW, UG, IMGW, GTN, 92-99.
- Woś A., 2010, *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wyd. Nauk. UAM.
- Wójcik G., Majorowicz J.A., Marciniak K., Przybylak R., Śafanda J., Zielski A., 1999, *Temperatura powietrza w Polsce południowo-zachodniej w świetle danych klimatologicznych, geotermicznych i dendroklimatologicznych*. [w:] A. Dubicki i inni (red.), *Zmiany i zmienność klimatu Polski*, Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Łódź, 4-6 listopada 1999, IMGW, Warszawa, 305-315.
- Wójcik G., Majorowicz J.A., Marciniak K., Przybylak R., Śafanda J., Zielski A., 2000, *The last millenium climate change in Northern Poland derived from well temperature profiles, tree-rings and instrumental data*. [w:] B. Obrebska-Starkel (red.), *Reconstructions of climate and its modelling*, Instytut Geografii UJ, Prace Geograficzne, 107, 137-147.

- Wójcik R., Miętus M., 2014, *Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951-2010)*. Prz. Geogr., 86/3, 339-364.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora T., 2008, *Regionalizacja termiczno-opadowa Polski w okresie globalnego ocieplenia*. Acta Agrophysica, 2008, 11 (3), 807-817.
- Zinkiewicz W., 1946, *Badania nad wartością rocznego przyrostu drzew dla studiów wahań klimatycznych*. Annales UMCS, sec. B, I, 6, 177-234.
- Zinkiewicz W., 1948, *Przebieg łagodnej zimy 1947/1948 i jej przyczyny*. Czas. Geogr., 19, 1-4, 6-92.
- Zinkiewicz W., 1963/64, *Wpływ czynników tellurycznych i kosmicznych na wahania klimatyczne i na zmiany pogody*. Folia Societatis Scientiarum Liblinensis, sec.D, 3-4, 9-13.
- Żmudzka E., 2002, *O zmienności opadów atmosferycznych na obszarze Polski nizinnej w drugiej połowie XX wieku*. Wiadomości IMGW, 25 (46), 4, 23-38.
- Żmudzka E., 2009, *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agrophysica, 3 (2), 555-568.

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono aktualny stan badań dotyczących zmian klimatu na obszarze Polski, na podstawie polskiej literatury klimatologicznej w ujęciu historycznym. Badaniami objęto głównie prace zawierające analizę długich serii danych pomiarowych poszczególnych elementów klimatycznych. Określono, które charakterystyki poszczególnych elementów klimatu wykazują istotne zmiany w dłuższym czasie i na jakim obszarze Polski, a także zwrócono uwagę na próby określenia przyczyn tych zmian. Przedstawiono poglądy dotyczące przyczyn współczesnych zmian warunków klimatycznych w Polsce, w tym w szczególności na ile obserwowane zmiany klimatyczne są spowodowane czynnikami naturalnymi, a w jakim stopniu działalnością człowieka. Omówiono problemy związane z badaniami współczesnych zmian i wahań klimatu.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, Polska, modele klimatyczne, efekt cieplarniany, współczesne ocieplenie

Summary

The elaboration presents the current state of research on climate change in the area of Poland based on Polish dermatological papers in historical perspective. The elaboration was focused on works which included an analysis of long data series measuring the different elements of the climate. It was determined which characteristics of particular climate elements show significant changes in the long term and in what area Polish and also attention was drawn to the attempts of explaining the causes of these changes. The views about the causes of contemporary climate changes in Poland were presented, including in particular the views on to what extent the observed climate changes are caused by natural factors and by human activity. The problems associated with the research of contemporary climate changes and fluctuations were discussed.

Key words: climate changes, Poland, climate models, the greenhouse effect, global warming

Bogusław M. Kaszewski

boguslaw.kaszewski@poczta.umcs.lublin.pl

Zakład Meteorologii i Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS