

## X. ZAKOŃCZENIE

Ten Jubileuszowy Suplement do tomu 47 „Prace i Studia Geograficzne” (zeszyt 18 z serii klimatologicznej) jest poświęcony 60-letniej działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2010).

Pierwszy zeszyt pt. „Prace i Studia Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Warszawskiego – Katedra Klimatologii” powstał z inicjatywy prof. Wincentego Okołowicza w roku 1964. Zawierał on materiały pokonferencyjne z okazji 10-lecia Katedry Klimatologii.

Na uwagę zasługują jeszcze trzy zeszyty dedykowane twórcom warszawskiej szkoły klimatologicznej oraz cztery opublikowane z okazji Podwójnego Jubileuszu 50 i 60 lecia Zakładu Klimatologii:

Zeszyt 10 (1978) – Poświęcony jest 70. rocznicy urodzin prof. dr Wincentego Okołowicza – wieloletniego Kierownika Zakładu Klimatologii UW, wielce zasłużonego dla rozwoju klimatologii i wykształcenia całego pokolenia młodych klimatologów.

Zeszyt 11 (1978) – Dedykowany jest on doc. dr hab. Zofii Kaczorowskiej z okazji 75. rocznicy urodzin – autorce znaczących prac z zakresu klimatu Polski, wzorowemu nauczycielowi akademickiemu i wychowawcy młodzieży.

Zeszyt 14 (1998) – tom 22, „Prace i Studia Geograficzne”.

Wydany został pośmiertnie z okazji 100-rocznicy urodzin prof. Romualda Gumińskiego – pierwszego Kierownika Katedry Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego, wybitnego klimatologa, wysokiej klasy specjalisty w ocenach klimatu Polski na potrzeby rolnictwa.

Zeszyt 15 (2001) – tom 28, „Prace i Studia Geograficzne” obejmuje cały 50-letni dorobek naukowy i dydaktyczny – w zakresie kształcenia absolwentów Klimatologii (1951-2000). Stanowi on syntezę wyników badań ze szczególnym uwzględnieniem naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Polski.

Zeszyt 16 (2001) – tom 29, „Prace i Studia Geograficzne” obejmuje publikacje referatów i posterów konferencyjnych nt. „*Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka*”

Nastąpił postęp w badaniach tendencji zmian klimatu Polski (i Europy) na podstawie długich homogenicznych serii pomiarowych. Umożliwiły one wykazanie postępującego ocieplania się klimatu pod koniec XX wieku.

Szczególne znaczenie mają wyniki badań adwekcji strefowej (równoleżnikowej) mas powietrza napływających znad Oceanu Atlantyckiego nad obszar Europy (i Polski). Zmiany czasowe Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) wyjaśniają nasilające się zimą i słabnące latem oddziaływanie termiczne wód Oceanu Atlantyckiego na klimat Polski (i Europy).

Nowością w badaniach zmian klimatu są prognozy zim w Polsce na podstawie pola temperatury powierzchni Oceanu Atlantyckiego według równań prognostycznych regresji wielokrotnej. Uwzględniają one zmienność zasobów ciepła w poszczególnych akwenach Atlantyku Północnego.

Nowym zagadnieniem w polskiej literaturze jest też rekonstrukcja temperatury na podstawie profili geotermicznych.

Zeszyt 17 (2011) – tom 47 „Prace i Studia Geograficzne” przedstawia stan badań klimatu Polski i innych obszarów Europy prezentowany w referatach i posterach na Konferencji zorganizowanej przez Zakład Klimatologii pod kierunkiem prof. dr hab. Krzysztofa Błażejczyka. Istotne znaczenie poznawcze mają wyniki badań w zakresie:

- ✓ Zmiany klimatu Europy i ich uwarunkowania cyrkulacyjne
- ✓ Zmienność czasowa i przestrzenna klimatu Polski
- ✓ Wpływ Morza Bałtyckiego na klimat Polski
- ✓ Wpływ rzeźby i pokrycia terenu na klimat Polski Południowej
- ✓ Zmienność czasowa klimatu miast Polski
- ✓ Klimat i bioklimat terenów zurbanizowanych
- ✓ Badania klimatu w różnych szerokościach geograficznych

Zeszyt 18 (2011) – Suplement do tomu 47 „Prace i Studia Geograficzne” obejmuje cały 60-letni dorobek naukowy i dydaktyczny w zakresie kształcenia absolwentów klimatologii (1951-2010). Stanowi on syntezę wyników badań ze szczególnym uwzględnieniem naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Polski. Koncepcja układu treści wynika z jubileuszowego charakteru opracowania.

Na szczególną uwagę zasługuje podrozdział *Postęp badań zmian klimatu w pierwszej dekadzie XXI wieku w odniesieniu do drugiej połowy XX wieku* i stan *Badania klimatu w różnych skalach przestrzennych* przedstawiony w referatach i posterach konferencyjnych (tom 47) oraz *Wykaz publikacji pracowników i doktorantów Zakładu Klimatologii w ciągu 60 lat (1951-2010)*.

Informacyjną rolę spełniają rozdziały: *Kalendarz ważniejszych wydarzeń w Zakładzie Klimatologii w latach 1951-2000 i 2001-2010* oraz spisy treści t.28 i t.29 „Prace i Studia Geograficzne”

Znaczącym postępowaniem w badaniach zmian klimatu jest nadal identyfikacja przyczyn naturalnych ochłodzeń i ociepleń klimatu w XVIII-XX wieku. Dzięki zastosowaniu nowej metody J. Boryczki „sinusoid regresji” badania okresowości zjawisk przyrodniczych (także występujących w nierównych odstępach czasu, jak np. erupcje wulkaniczne) wykazano analogiczną cykliczność zmiennych: klimatologicznych, hydrologicznych, astronomicznych, geologicznych i sedimentologicznych, dendrologicznych oraz zawartości izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniach lodowych (wyspy Devon).

Zbliżona cykliczność tych zmiennych umożliwiła opracowanie prognoz zmian klimatu Europy w XXI wieku. Ważnym elementem w tym tomie jest nowy typ prognoz klimatu w XXI wieku – wg zmian wskaźnika Oscylacji Północno-Atlantyckiej (*NAO*) – zależnych od aktywności Słońca) i szerokości słoii drzew w Europie. Ponadto interesujące są prognozy zmian klimatu Półkuli Północnej na najbliższe 100 000 lat na podstawie zmian promieniowania słonecznego na górnej granicy atmosfery ( $\varphi = 65^\circ\text{N}$ ) i okresowych wahań izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym. Jest nim też wykazanie dominującej roli erupcji wulkanicznych w kształtowaniu klimatu Ziemi w ostatnich dwóch stuleciach.

Na uwagę zasługuje także kontynuacja badań klimatu i bioklimatu miasta na przykładzie Warszawy. W pracach Zakładu Klimatologii określono zakres deformacji pól zmiennych meteorologicznych: pola temperatury, opadów, prędkości wiatru i innych. Istotne znaczenie

mają wartości progowe stanu atmosfery, przy których różnice temperatury powietrza między miastem i jego otoczeniem osiągają skrajne wartości.

Deformacja pola temperatury powietrza przez miasto zależy nie tylko od parametrów cechujących miasto (albedo powierzchni sztucznych, powierzchnia i objętość zabudowy), lecz także od stanu atmosfery – np. od prędkości wiatru.

Nowym zagadnieniem w badaniach klimatu miasta jest określenie stanu aerosanitarne miast Polski ze szczególnym uwzględnieniem w atmosferze dwutlenku siarki. Interesujące są przestrzenne rozkłady dwutlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ) i tlenków azotu ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) w Polsce w zależności od kierunków adwekcji mas powietrza i od typów cyrkulacji atmosferycznej.

Zbadano również wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zdrowie i zgony mieszkańców Warszawy.

W dorobku naukowym Zakładu Klimatologii znajduje się szereg opracowań, w których klimat Polski analizowany jest z punktu widzenia ważnych sfer praktycznej działalności człowieka. W badaniach klimatu miasta np. wiatr nie jest tylko elementem, który zmienia swoje charakterystyki pod wpływem zabudowy, ale jest to czynnik pełniący rolę chłodzącą (zwiększający ochładzanie organizmu ludzkiego, zwiększający straty ciepła budynków), jest to też czynnik przewietrzający zanieczyszczony obszar miejski.

Najlepszym świadectwem działalności naukowej w zakresie klimatu jest wykaz prac opublikowanych indywidualnych i zespołowych (ponad 960), w tym: pozycje książkowe – 12, podręczniki i skrypty – 15, Atlasy współzależności ... – 25, Prace i Studia Geograficzne (Klimatologia) – 18, Zeszyty Piknikowe – 5, oryginalne artykuły naukowe (ok. 630) i inne.

Najważniejszym problemem do rozwiązania w XXI wieku jest identyfikacja naturalnych i antropogenicznych przyczyn zmian klimatu Ziemi, w szczególności Europy (i Polski). Jest nim określenie składników deterministycznych (okresowych) w seriach pomiarowych, a także mechanizmów przenoszenia oddziaływań czynników astronomicznych na klimat Ziemi.

W bieżącym stuleciu rozstrzygnie się, czy postępować będzie nadal ocieplenie klimatu – prognozowane według scenariuszy  $2\times\text{CO}_2$ , czy też sprawdzą się prognozy głębokiego naturalnego ochłodzenia klimatu, uwarunkowanego określonymi wahaniami zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze i aktywności Słońca (stałej słonecznej). Teraz nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia wynika z przyczyn naturalnych, a jaka – z intensyfikacji efektu cieplarnianego atmosfery.

Zarówno czynniki naturalne (astronomiczne, geologiczne), jak też antropogeniczne ( $\text{CO}_2$ , miejskie wyspy ciepła) kształtują ogólną cyrkulację atmosferyczną, a także cyrkulację strefową w szerokościach umiarkowanych.

Zimy w Europie (i Polsce) zależą przede wszystkim od równoleżnikowego transportu oceanicznych zasobów ciepła znanego z Oceanu Atlantyckiego. Dobrymi miarami cyrkulacji strefowej są wskaźniki Oscylacji Północnego Atlantyku (North Atlantic Oscillation, *NAO*). W ostatnich dwóch stuleciach nasiliło się ocieplające oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego – w zimie (tendencja rosnąca *NAO*), a osłabło – ochładzające oddziaływanie latem (tendencja malejąca *NAO*).

Znając naturalne przyczyny współczesnych zmian klimatu Europy, silnie skorelowanych ze wskaźnikami *NAO*, można prognozować naturalne ochłodzenia i ocieplenia klimatu w XXI wieku.

Można oczekiwać, że przyszłe scenariusze zmian klimatu (modele cyrkulacji) będą uwzględniać nie tylko czynniki antropogeniczne, ale również czynniki naturalne, kształtujące klimat Ziemi w ostatnich tysiącach.

Prognozy zmian klimatu w nadchodzących latach powinny obejmować poszczególne regiony Polski, gdyż adwekcja powietrza, uwarunkowana położeniem cyklonów i antycyklonów nad obszarem Europy, jest często odmienna w różnych częściach Polski. W regionalnych prognozach istotnym elementem jest uwzględnienie deformacji pól zmiennych meteorologicznych przez ukształtowanie powierzchni Ziemi.

Ważnym problemem do rozwiązania w przyszłości jest też określenie w prognostycznych scenariuszach deformacji pól przez miasta (np. Warszawę) – o coraz większej powierzchni sztucznej i większej objętości zabudowy.

Niepokojące jest, że negatywne skutki i związane z nimi zagrożenia działalności gospodarczej człowieka dotyczą tylko ocieplenia klimatu (np. katastroficzny wzrost poziomu oceanów). Natomiast nie ma żadnych ocen negatywnych ewentualnego gwałtownego ochłodzenia klimatu. Nie można wykluczyć np. kilku kolejnych erupcji wulkanicznych, które nagle mogą spowodować globalne ochłodzenie klimatu – prowadzące do znacznego przyrostu pokrywy lodowej na Ziemi.

Rozwój klimatologii zależy od postępu badań procesów atmosferycznych na Ziemi i uwarunkowanych dopływem energii słonecznej do powierzchni Ziemi. Istotne znaczenie mają badania: bilansu energii cieplnej w układzie Ziemia-atmosfera, wymiany ciepła w atmosferze i w gruncie. Na przykład nie wiadomo, jaka część energii słonecznej jest akumulowana w głębszych warstwach lądu czy też wód oceanicznych podczas maksimów wiekowych aktywności Słońca i minimów wiekowych aktywności wulkanicznej na Ziemi. Nie wiadomo, jak zmienia się saldo bilansu energii cieplnej w czasie ochłodzeń i ociepleń klimatu.

Pojawił się również problem weryfikacji modeli fizycznych zmian klimatu Ziemi – scenariuszy  $2\times\text{CO}_2$  „serwowanych” przez geofizyków (nie klimatologów), które uwzględniają jedynie efekt cieplarniany – z pominięciem czynników naturalnych kształtujących, od wieków, klimat Ziemi. Wymaga to także odpowiedniej wiedzy z zakresu matematyki, fizyki, chemii, geofizyki, geologii, tj. odpowiedniego kształcenia klimatologów w ramach studiów geograficznych. Nasuwa się pytanie, czy nie rozszerzyć kształcenia klimatologów (także hydrologów, ekologów, geomorfologów) z przedmiotów ścisłych. Absolwenci będą mogli w większym stopniu uczestniczyć w rozwoju nauk o Ziemi, korzystając z postępów badań w naukach pokrewnych.