

EWA BEDNORZ, KATARZYNA SZYGA-PLUTA

PRZYROSTY GRUBOŚCI POKRYWY ŚNIEŻNEJ A WYSTĘPOWANIE WYBRANYCH RODZAJÓW CHMUR W POLSCE PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ

ZARYS TREŚCI

Badano zależność formowania i przyrostu pokrywy śnieżnej od występowania wybranych rodzajów chmur w Polsce północno-zachodniej. Wykorzystano codzienne dane dotyczące grubości pokrywy śnieżnej i rodzaju zachmurzenia dla 9 stacji za lata 1971–1990. Obliczono częstości występowania 4 rodzajów chmur: *Stratocumulus* (*Sc*), *Altostratus* (*As*), *Nimbostratus* (*Ns*) i *Cumulonimbus* (*Cb*) w czasie dni z opadem śnieżnym. Największy udział w formowaniu pokrywy śnieżnej mają chmury *Sc* (do 41%), mniejszy chmury *As* i *Ns* (22–23%). Udział chmur *Cb* w formowaniu pokrywy śnieżnej jest zróżnicowany przestrzennie: największy (do 26%) na wybrzeżu i we wschodniej części Pojezierza Pomorskiego, a najmniejszy (6–10%) w wielkich dolinach rzecznych (np. Toruń, Szczecin, Słubice). Częstość chmur *Cb* w czasie dni z opadem śniegu jest szczególnie duża na początku i na końcu zimy (listopad i marzec).

WSTĘP

Pokrywa śnieżna i zachmurzenie są ważnymi etapami procesu obiegu wody w przyrodzie. Oba te elementy stanowią widzialne przejawy stanu termiczno-wilgotnościowego atmosfery. Z jednej strony, są jego efektem, z drugiej zaś – istotnie wpływają na termikę przygrunтовой warstwy powietrza. Pokrywa śnieżna i zachmurzenie są ze sobą silnie związane. Formowanie pokrywy śnieżnej w oczywisty sposób wiąże się z występowaniem chmur opadowych. Przetrawanie lub zanik śniegu – szczególnie wczesną wiosną – także zależy od stopnia zachmurzenia nieba. Jednocześnie trwale zalegająca pokrywa śnieżna wywołuje zmiany cyrkulacji atmosferycznej, co z kolei wpływa na rozkład zachmurzenia i opadów, jak zaobserwowano na obszarze USA (NAMIAS 1985; JOHNSON i in. 1984).

Tematem niniejszego opracowania jest zależność formowania i przyrostu grubości pokrywy śnieżnej od występowania wybranych rodzajów chmur. Zagadnienie wpływu stosunków nefologicznych na opady atmosferyczne było badane m.in. przez TAMULEWICZA (2000), który określił korelację wielkości zachmurzenia i częstości dni z opadem, oraz MATUSZKO (2001), która podała wysokość i częstość opadów przy występowaniu poszczególnych rodzajów chmur. Występowanie chmur opadowych wiąże się zwykle z konkretnymi sytuacjami synoptycznymi (ZWIERIEW 1965); wielkość i rodzaj zachmurzenia zależy także od mas powietrza zalegających nad danym obszarem (WARAKOMSKI 1969, 1974). Podobnie dobowe zmiany grubości pokrywy śnieżnej – jej przyrost lub wytapianie – wiążą się ściśle z warunkami termicznymi i opadowymi, które z kolei uwarunkowane są

cyrkulacją atmosferyczną (BEDNORZ 2001, 2002).

Niniejsze opracowanie może być przyczynkiem do kompleksowego rozpatrywania warunków pogodowych – współistnienia i korelacji pomiędzy poszczególnymi elementami meteorologicznymi w porze zimowej.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY ICH OPRACOWANIA

Wykorzystano codzienne dane dotyczące grubości pokrywy śnieżnej i rodzaju zachmurzenia z 9 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej za lata 1971–1990, w miesiącach od listopada do marca. Grubość pokrywy śnieżnej mierzona jest raz na dobę, o godzinie 6.00 UTC z dokładnością do 1 cm. Obserwacje rodzaju zachmurzenia wykonuje się we wszystkich terminach pomiarowych; w niniejszym opracowaniu wykorzystano notowania z godziny 6.00, 12.00 i 18.00 UTC.

Pierwszym krokiem było wyznaczenie dni, w czasie których nastąpił wzrost pokrywy śnieżnej. W tym celu dla każdego dnia obliczono różnicę grubości pokrywy śnieżnej, odejmując grubość pokrywy danego dnia od grubości pokrywy dnia następnego. Wartości dodatnie oznaczały przyrost grubości pokrywy śnieżnej w ciągu doby. Następnie sprawdzono, które rodzaje chmur opadowych pojawiły się w czasie wyznaczonych wcześniej dni. Wzięto pod uwagę tylko te rodzaje chmur, które – jak jest podawane w literaturze (Woś 2003; MATUSZKO 2001) – mogą powodować opady śniegu, to znaczy: *Altostratus* (*As*), *Nimbostratus* (*Ns*), *Stratocumulus* (*Sc*) i *Cumulonimbus* (*Cb*). Dla każdego miesiąca obliczono częstość występowania każdego z wymienionych rodzajów chmur w czasie dni z opadem śniegu. Ponadto obliczono procentowy udział

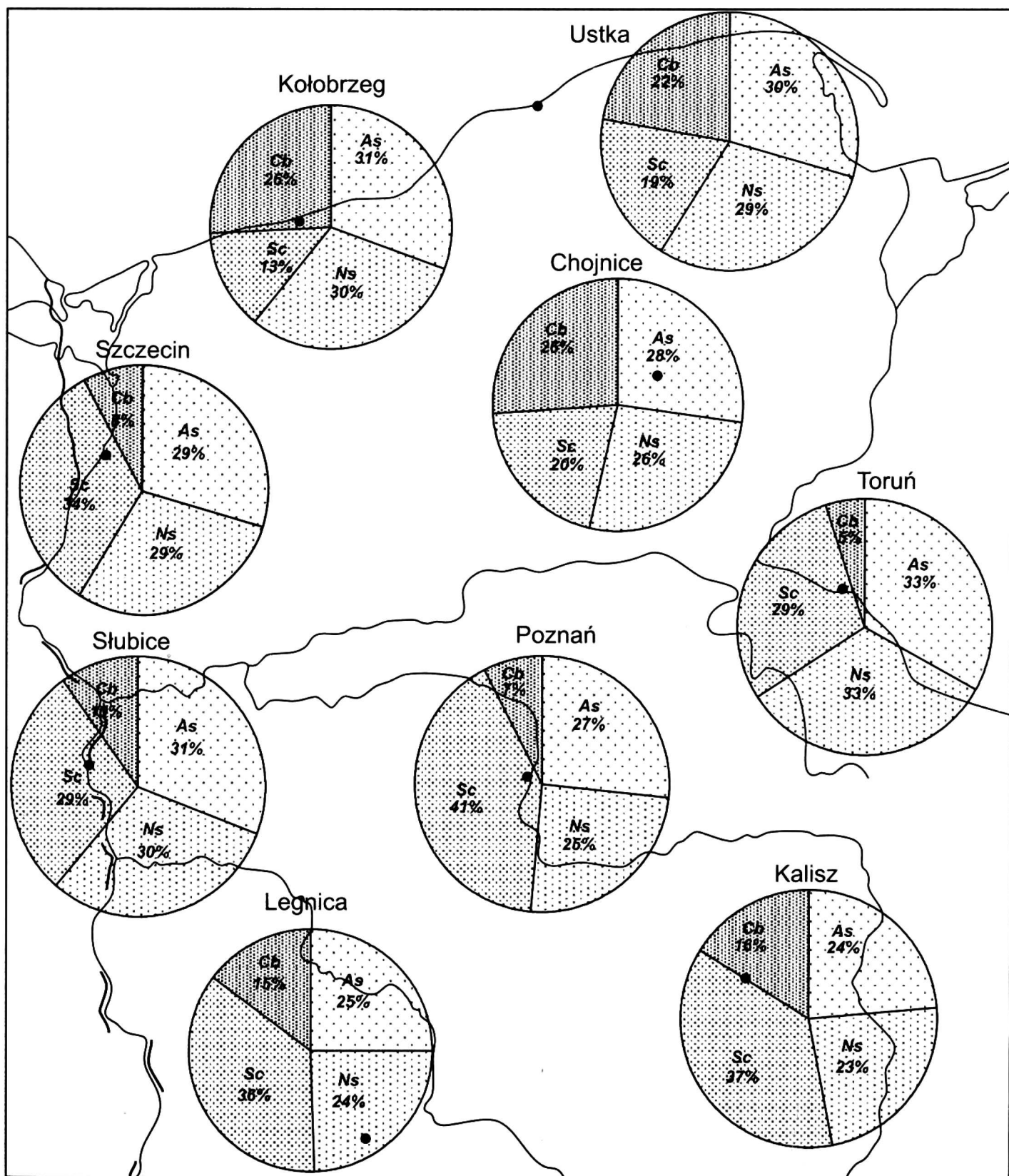
poszczególnych rodzajów chmur w tworzeniu pokrywy śnieżnej, dzieląc liczbę przypadków pojawienia się danego rodzaju chmury w dniu ze wzrostem grubości pokrywy przez liczbę wszystkich notowań (rodzaj chmury + wzrost pokrywy). W tym obliczeniu wzięto pod uwagę tylko cztery najbardziej śnieżne miesiące: grudzień, styczeń, luty i marzec.

Trzeba mieć na uwadze, że uzyskane w ten sposób wyniki niezbyt precyzyjnie oddają stan faktyczny, bowiem fakt, że dany rodzaj chmury pojawił się w dniu ze wzrostem pokrywy, nie oznacza, że właśnie ten rodzaj chmury spowodował opady śniegu. Tylko opracowanie szczegółowych i ciągłych obserwacji dałoby niepodważalne wyniki. Zważywszy jednak, że analizowano dość długi, bo 20-letni ciąg obserwacji, można liczyć na uzyskanie w miarę prawdopodobnej odpowiedzi na pytanie o chmury przynoszące opady śniegu oraz – przez analizę rodzaju zachmurzenia – na rozpoznanie sytuacji synoptycznych, w których występują opady śniegu.

WYNIKI BADAŃ

W większości stacji największy udział w formowaniu pokrywy śnieżnej mają chmury *Sc*, jednak jest on zróżnicowany przestrzennie (rys. 1). W środkowej i południowej części badanego obszaru przekracza on 35%, a nawet 40% (Poznań – 41%). Nad morzem udział chmur *Sc* jest bardzo mały – poniżej 20% w Kołobrzegu i w Ustce.

Wystąpienie opadu śniegu jest w dużym stopniu związane z występowaniem chmur *As* i *Ns*. Obecność tych rodzajów chmur w czasie dni ze wzrostem grubości pokrywy śnieżnej jest mało zróżnicowana przestrzennie i waha się od 23% (*Ns* w Kaliszu) do 33% (*As* i *Ns* w Toruniu).

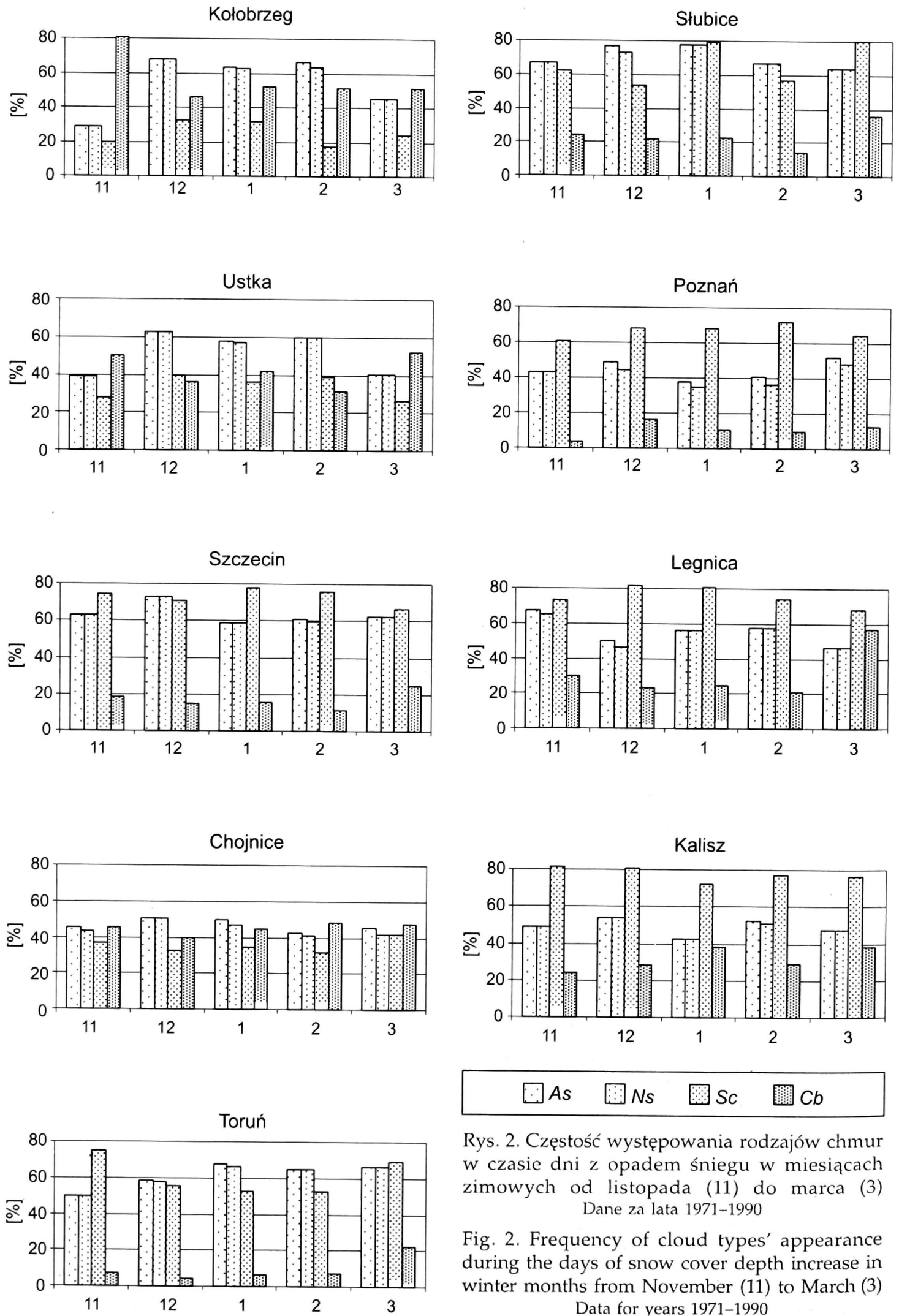


Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych rodzajów chmur w formowaniu pokrywy śnieżnej. Na podstawie danych za lata 1971–1990; grudzień–marzec

Fig. 1. Percentage share of particular cloud types in snow cover forming. At the base of data for years 1971–1990; December–March

Chmury Cb mają mniejszy niż wcześniej wymienione rodzaje, a jednocześnie najbardziej zróżnicowany przestrzennie udział w formowaniu pokrywy śnieżnej. Najmniejszy udział notuje się w stacjach

położonych w dużych dolinach rzecznych (Toruń 6%, Poznań 7%, Szczecin 8%, Słubice 10%), a największy na wybrzeżu i na Pojezierzu Pomorskim (Kołobrzeg 26%, Ustka 22%, Chojnice 26%).



Rys. 2. Częstość występowania rodzajów chmur w czasie dni z opadem śniegu w miesiącach zimowych od listopada (11) do marca (3)
Dane za lata 1971–1990

Fig. 2. Frequency of cloud types' appearance during the days of snow cover depth increase in winter months from November (11) to March (3)
Data for years 1971–1990

Częstość pojawiania się poszczególnych rodzajów chmur w czasie dni z opadem śnieżnym zmienia się w kolejnych miesiącach zimy (rys. 2). Chmury *Cb* w większości stacji najczęściej towarzyszą przyrostom pokrywy śnieżnej w listopadzie. Wartość ta jest najwyższa w Kołobrzegu (80,6%) i znacznie przerasta częstość pozostałych rodzajów chmur. Częstość chmur *Cb* maleje w najchłodniejszych i najbardziej śnieżnych miesiącach: grudniu, styczniu i lutym, po czym w marcu chmury *Cb* ponownie są notowane częściej w czasie dni z opadem śniegu.

Pozostałe rodzaje chmur charakteryzują się mniej wyraźnym przebiegiem częstości pojawiania się w czasie dni z opadem śnieżnym. Na wybrzeżu (Kołobrzeg, Ustka) częstość chmur *As*, *Ns* i *Sc* jest największa w grudniu, styczniu i lutym; na początku i na końcu okresu śnieżnego wartość ta wyraźnie spada. Podobny przebieg ma częstość chmur *As* i *Ns* w Chojnicach, Toruniu i Słubicach. Najbardziej związane z opadami śniegu w Poznaniu i Legnicy chmury *Sc* najczęściej pojawiają się w czasie dni z opadem w grudniu, styczniu i lutym, a o ok. 10% rzadziej na początku i na końcu sezonu śnieżnego.

DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI

Największy udział chmur *Sc* w formowaniu pokrywy śnieżnej w większości stacji na terenie Polski północno-zachodniej i duży udział chmur *As* i *Ns*, udokumentowany w niniejszym opracowaniu, potwierdza wyniki uzyskane dla Krakowa. MATUSZKO (2001) na podstawie szczegółowej analizy współwystępowania wszystkich rodzajów opadu z rodzajami chmur w Krakowie w roku 1999 wskazała chmury *Sc* jako najbardziej „śniegonośne” (ok. 23 przypadków opadu śniegu); na drugim miej-

scu *As* i *Ns* (oba rodzaje po ok. 15 przypadków). Zróżnicowany przestrzennie udział chmur *Sc* w formowaniu pokrywy śnieżnej w Polsce północno-zachodniej wynika prawdopodobnie z ich zróżnicowanej frekwencji zimą na tym obszarze; obie wartości są wyraźnie niższe na wybrzeżu i we wschodniej części Pojezierza Pomorskiego (SZYGA-PLUTA 2002).

Chmury *Cb* spowodowały opady śniegu w Krakowie tylko dwukrotnie. Różnica w udziale chmur *Cb* w Krakowie i w Polsce północno-zachodniej może wynikać ze specyfiki położenia poszczególnych stacji meteorologicznych. Na przykład, jak stwierdzono w niniejszym opracowaniu, miejscowości położone w dużych dolinach rzecznych charakteryzują się mniejszym udziałem chmur *Cb* w formowaniu pokrywy śnieżnej, udział chmur *Cb* maleje także na południu analizowanego obszaru i nie ma związku z częstością pojawiania się tych chmur w zimie (SZYGA-PLUTA 2002).

W większości stacji chmury *Cb* najczęściej towarzyszą przyrostom pokrywy śnieżnej na początku i na końcu sezonu śnieżnego (listopad, marzec). Przy średnich temperaturach powietrza $>0^{\circ}\text{C}$ w tym czasie, przede wszystkim fronty chłodne i towarzyszące im chmury *Cb* mogą przynosić spadek temperatury i opady śniegu.

Wyniki niniejszego opracowania mogą być podstawą do wnioskowania, w jakich sytuacjach synoptycznych występują opady śniegu. Najbardziej „śniegonośne” chmury *Sc* są chmurami wewnątrzmasowymi i w zimie tworzą się najczęściej w masach powietrza polarnego morskiego (*Pm*) i powietrza arktycznego starego (*As*) (WARAKOMSKI 1974). W Poznaniu stwierdzono występowanie obfitych opadów śniegu przy napływie mas powietrza *Pm* z północ-

nego zachodu i mas powietrza As ze wschodu. Natomiast chmury As i Ns, towarzyszące frontom ciepłym i frontom zokludowanym o charakterze frontu ciepłego, mogą przynosić obfite opady śniegu np. przy napływie wychłodzonych mas powietrza polarnego starego nad obszar zajmowany przez powietrze arktyczne (BEDNORZ 2003).

LITERATURA

- BEDNORZ E., 2001: Pokrywa śnieżna a kierunki napływu mas powietrza w Polsce Północno-Zachodniej. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 131.
- BEDNORZ E., 2002: Snow cover in western Poland and macro scale circulation conditions. *Int. J. Climatol.*, 22, 533–541.
- BEDNORZ E., 2003: Snow cover in Poznań in the winters of 1990–1999. *Studia Geograficzne*, 75, *Acta Universitatis Wratislaviensis* No 2542. Wyd. Uniw. Wrocławskiego, Wrocław, 310–320.
- JOHNSON R.H., YOUNG G.S., TOTH J.J., ZEHR R.M., 1984: Mesoscale weather effects of variable snow cover over Northeast Colorado. *Monthly Weather Review*, 112, 1141–1152.
- MATUSZKO D., 2001: Związek między rodzajami chmur a opadami na przykładzie Krakowa. [W:] *Mikroklimat i Parowanie Terenowe*, IV Krajowa Konferencja, Poznań, 17 listopada 2000 r. Wyd. AR w Poznaniu, 47–54.
- NAMIAS J., 1985: Some empirical evidence for the influence of snow cover on temperature and precipitation. *Monthly Weather Review*, 113, 1542–1553.
- SZYGA-PLUTA K., 2002: Częstość występowania rodzajów chmur w Polsce Północno-Zachodniej. *Ad Rem*, Poznań.
- TAMULEWICZ J., 2000: Zachmurzenie nieba w Poznaniu na tle typów cyrkulacji atmosfery. *Bad. Fizjogr. Pol. Zach., Ser. A – Geografia Fizyczna*, 51, 133–146.
- WARAKOMSKI W., 1969: Zachmurzenie i rodzaj chmur w zależności od mas powietrznych w Polsce. *Rozprawy habilitacyjne*, Wydział BiNOZ UMCS.
- WARAKOMSKI W., 1974: Zachmurzenie wewnątrzmasowe w Polsce. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, Lublin, B, 29, 4, 77–105.
- WOŚ A., 2003: *Meteorologia dla geografów*. PWN, Warszawa.
- ZWIERIEW A.S., 1965: *Meteorologia synoptyczna*. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.

Recenzent: prof. UAM dr hab. Jan Tamulewicz

Zakład Klimatologii
Instytut Geografii Fizycznej
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu

INCREASES IN SNOW COVER DEPTH AT OCCURRENCE OF THE CHOSEN CLOUD TYPES IN THE NORTH WESTERN POLAND

Summary

The aim of the study was to determine which types of clouds cause increase in snow cover depth in nine chosen cities. Four types of clouds were taken into consideration: *Altostratus* (As), *Nimbostratus* (Ns), *Stratocumulus* (Sc) and *Cumulonimbus* (Cb), considered as the only types bringing the snowfalls. Daily snow cover depths and cloud types' appearance from November to March were used in the study.

First, the days in which snow cover depth increased were determined. Then the cases when the particular cloud types appeared in such a day, were counted.

It was proved, that Sc clouds have the biggest share in snow cover forming (up to 41%), than the As and Ns clouds (22–23%). The geographical distribution of the share of Cb clouds in the snow cover forming is differentiated: the biggest participation (up to 26%) is characteristic for the coastline and the eastern part of Pomerania Lakeland and the lowest one (6–10%) covers the great river valleys (Toruń, Szczecin, Słubice). The frequency of Cb clouds during the days with snowfall is especially high at the beginning and at the end of winter (November and March).