

Wojciech WARAKOMSKI

Zachmurzenie wewnątrzmasowe w Polsce

Внутримассовая облачность в Польше

Cloudiness within the Air Masses in Poland

WSTĘP

Postulat badania związku wielkości zachmurzenia i rodzajów chmur z poszczególnymi masami powietrznymi¹ wysuwał w Polsce już w r. 1952 E. Stenz (23). Zagadnienie to spróbowałem rozwiązać w r. 1969, ale wyniki do chwili obecnej nie doczekały się opublikowania poza krótkim streszczeniem (27), przedstawieniem metody badań (28) i paru fragmentów pracy (29, 30, 32). Z autorów zagranicznych sprawie zachmurzenia wewnątrzmasowego najwięcej uwagi poświęcili badacze radzieccy (np. 1, 2, 3, 5, 6, 11, 12, 17, 22). Wspólną cechą ich prac jest podejście raczej meteorologiczne, dążenie do wykrywania przyczyn i warunków rozwoju chmur wewnątrzmasowych w różnych sytuacjach, natomiast nie przynoszą one klimatologicznego opracowania w postaci danych liczbowych odnośnie związku zachmurzenia i rodzajów chmur z typami mas powietrznych dla pewnej miejscowości lub obszaru. Wymieniane są w nich wprawdzie rodzaje chmur, które — zdaniem autorów — są typowe dla danej masy powietrznej (określonej z reguły tylko według klasyfikacji termicznej), lecz dane te mają charakter wyłącznie opisowy. To samo dotyczy charakterystyki zachmurzenia. Nie negując sensu i wartości tych stwierdzeń, niejednokrotnie bardzo cennych i na ogół dobrze uzasadnionych od strony fizyczno-teoretycznej, należy zwrócić uwagę przynajmniej na trzy momenty:

1) na potrzebę opracowań klimatologicznych dotyczących tego zagadnienia, niezależnie od opracowań meteorologicznych, i na oczywistą niewystarczalność stosowania przy tym metod wyłącznie opisowych,

¹ Moim zdaniem należy mówić raczej „masa powietrzna”, rezerwując pojęcie „masa powietrza” na określenie ilości powietrza zawartej w pewnym elemencie objętości (8, 31).

2) na fakt, że niektóre podawane przykłady zachmurzenia jakoby wewnątrzmasowego są związane z zachmurzeniem frontowym, a więc nieprzekonywujące,

3) na to, że jeśli nawet wypowiedane twierdzenia i wnioski są słuszne dla niektórych obszarów ZSRR, nie można przenosić ich bezkrytycznie na obszar Polski; kraj nasz bowiem stanowi wprawdzie obszar niewielki, ale tak położony oraz wystarczająco duży i zróżnicowany, aby mogły wystąpić na nim odrębne, charakterystyczne cechy klimatu (19, 20, 9, 14); pod względem migracji mas powietrznych leży przecież Polska na południkowym szlaku przemieszczania się mas arktycznych i zwrotnikowych i na równoleżnikowym szlaku kontaktu mas morskich i kontynentalnych (9).

Przekonany o słuszności powyższych stwierdzeń przedstawiam w niniejszej rozprawie wyniki badań nad zachmurzeniem wewnątrzmasowym w Polsce (w okresie 1951—1960), przeprowadzonych w oparciu o zaproponowaną przeze mnie metodę (28) klimatologiczno-statystyczną. Wydaje się jednak, że badania te mają także pewien aspekt natury synoptycznej; mianowicie rozpatrzono tu zagadnienie występowania chmur wewnątrzmasowych zawsze w skali całej Polski, z zachowaniem jednoczesności w jednorodnej ogólnej sytuacji atmosferycznej, określonej przez zalegającą, a raczej napływającą w danym dniu nad cały kraj daną masę powietrzną.

MATERIAŁ I ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE

Do opracowania wykorzystano robocze, dolne mapy synoptyczne Centralnego Biura Prognoz IMiGW (dawniej PIHM) z czterech głównych terminów, tj. z godz. 00, 06, 12 i 18 GMT oraz dane odnośnie zachmurzenia ogólnego i rodzajów chmur dla 57 polskich stacji synoptycznych za okres 1951—1960.

Należy podkreślić, że uważano za konieczne zastosowanie dość surowego kryterium wyboru dni kwalifikujących się do wykorzystania w opracowaniu, gdyż chodziło o uchwycenie zachmurzenia i rodzajów chmur występujących wyłącznie wewnątrz danej masy powietrznej, a nie chmur będących wynikiem kontaktu dwu różnych mas powietrznych. W przypadku, gdy zachodziło podejrzenie, iż w danym dniu zachmurzenie nad którąkolwiek ze stacji leżących przy granicy kraju związane jest z nadciągającym frontem, to choćby linia tego frontu przebiegała o setki kilometrów od granicy Polski, eliminowano cały ten dzień. Podobnie w przypadku, kiedy front, przemieszczając się w danym dniu nad Polską, przekraczał w pewnym momencie jej granice, rezygnowano z włączenia do opracowania całego tego dnia. Stworzono w ten sposób kilku- lub kilku-

nastogodzinny „margines bezpieczeństwa”, konieczny, aby w uwzględnionym materiale obserwacyjnym nie znalazły się dane o zachmurzeniu, będącym z jednej strony zwiastunem, z drugiej zaś strony pozostałością „obszaru wleczenia” frontu. Obszar ten bowiem posiada nieraz znaczną szerokość i trudno go dokładnie wyznaczyć (10).

Przy takim postępowaniu została oczywiście pominięta pewna liczba przypadków, w których masa powietrzna, napływając bezpośrednio za ustępującym frontem lub ustępując przed nadciągającym frontem, obejmowała część obszaru Polski. Postępowanie takie wydawało się jednakże uzasadnione nie tylko z powodu konieczności „odcięcia się” od zachmurzenia frontowego, lecz także i dlatego, że uwzględnianie takich sytuacji prowadziłoby nieuchronnie do rozpatrywania danych pochodzących nie zawsze z takiej samej liczby stacji, co niewątpliwie wpłynęłoby niekorzystnie na porównywalność wyników. Ostatecznie więc, dla okresu 1951—1960, na podstawie przejrzanych 14 612 map wybrano 616 dni, w których nad obszarem całej Polski zalegał (spływał) określony typ masy powietrznej².

WIELKOŚĆ ZACHMURZENIA W POSZCZEGÓLNYCH TYPACH MAS POWIETRZNYCH

W opracowanym dziesięcioleciu średnie zachmurzenie ogólne osiągnęło w różnych typach mas powietrznych, według pór roku³, wartości podane w tab. 1.

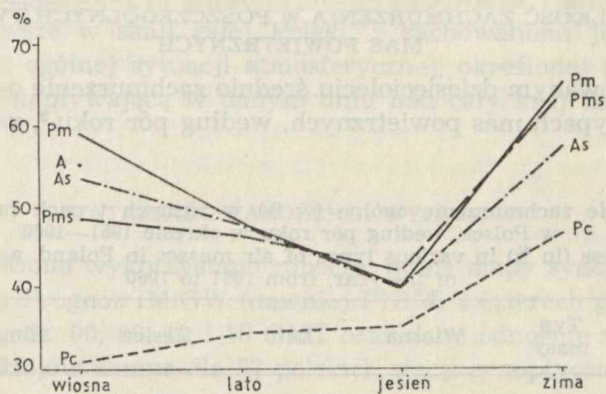
Tab. 1. Średnie zachmurzenie ogólne (w %) w różnych typach mas powietrznych w Polsce, według pór roku w okresie 1951—1960
Mean cloudiness (in %) in various types of air masses in Poland, acc. to the seasons of the year, from 1951 to 1960

Typ masy	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Pc	30,9	34,4	35,3	46,8
Pms	48,8	46,5	42,2	64,3
Pm	59,1	48,4	40,1	65,9
As	53,5	48,0	40,2	57,5
A	55,3	nie uwzględniono w opracowaniu z uwagi na zbyt małą liczbę przypadków		

² Typy mas powietrznych przyjęto według oznaczeń na mapach synoptycznych. Oznaczenia te, aczkolwiek oparte w pewnej mierze na wynikach obiektywnych, np. aerologicznych sondaży, nie są wolne od subiektywizmu. Wydaje się to nieuniknione do czasu, kiedy metodę synoptyczną określania typu masy powietrznej zastąpi jakaś obiektywna metoda geofizyczna, w wyniku której powstanie ściśle określona, ilościowa klasyfikacja mas. Jednak predko to chyba jeszcze nie nastąpi.

³ W opracowaniu przyjęto za W. Parczewskim (16) następującą długość trwania pór roku: wiosna od 21 III do 31 V — 72 dni, lato od 1 VI do 10 IX — 102 dni, jesień od 11 IX do 10 XI — 61 dni, zima od 11 XI do 20 III — 130 dni.

Jak widać, maksymalne wartości zachmurzenia na wiosnę, w lecie i w zimie notowano przy występowaniu powietrza Pm. Jedynie w jesieni maksimum zachmurzenia wystąpiło przy obecności powietrza Pms⁴ (zresztą nieznaczne, przy bardzo wyrównanych wartościach zachmurzenia w różnych typach mas powietrznych). Porą roku o maksymalnym zachmurzeniu we wszystkich wyróżnionych masach powietrznych była zima. Najmniejsze wartości zachmurzenia, we wszystkich porach roku, obserwowano przy powietrzu Pc. W tej masie powietrznej wystąpiło też minimum zachmurzenia ogólnego, przypadające na wiosnę. Warto podkreślić, że zachmurzenie w przebiegu rocznym wykazywało w powietrzu Pc tendencję rosnącą (choć nierównomiernie) od wiosny do zimy, natomiast przebieg zachmurzenia w pozostałych typach mas powietrznych wykazywał charakterystyczny spadek w lecie i w jesieni (w której to porze roku obserwowano minimalne jego wartości), a następnie silny wzrost w zimie, kiedy to w powietrzu Pms, Pm i As zachmurzenie osiągnęło wartości maksymalne. Jest to przebieg typowy w ogóle dla zachmurzenia w Polsce (26). Ilustruje to ryc. 1.

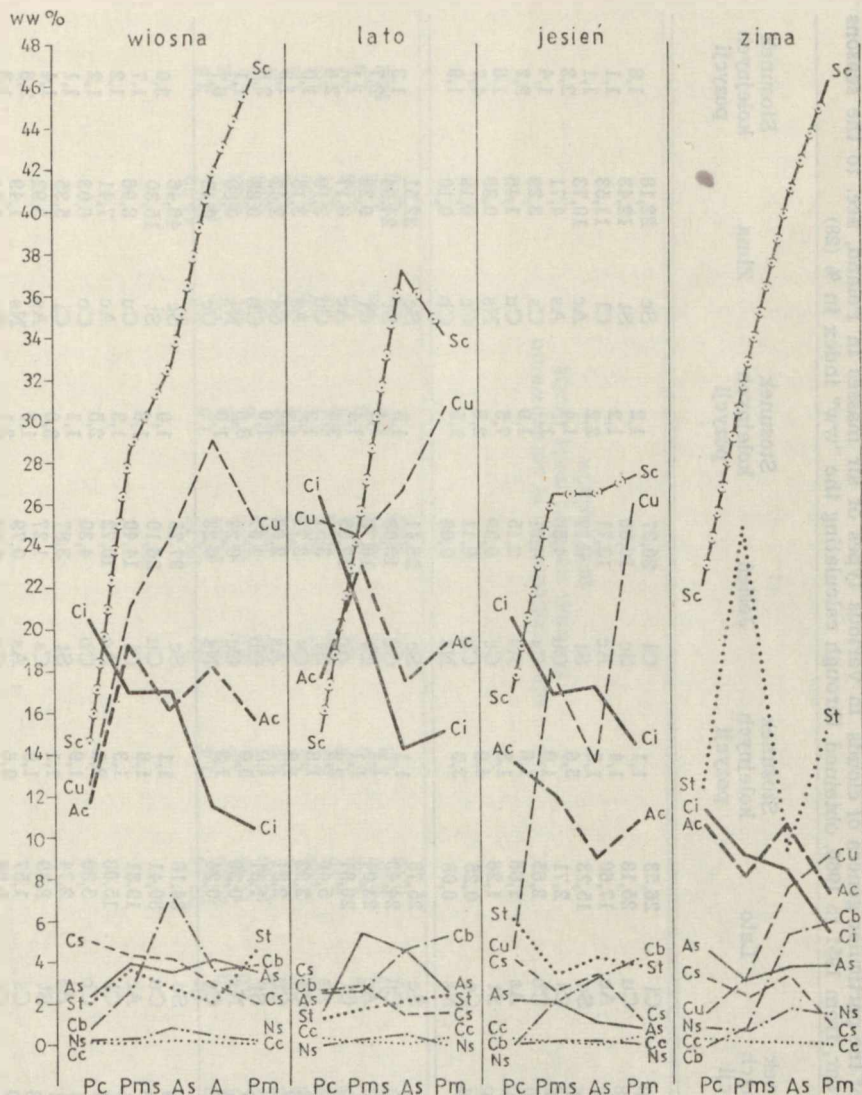


Ryc. 1. Średnie ogólne zachmurzenie wewnątrzmasowe w Polsce w różnych typach mas powietrznych według pór roku
 Mean total cloudiness within the air masses in Poland in various types of air masses acc. to the seasons of the year

UDZIAŁ RODZAJÓW CHMUR W POSZCZEGÓLNYCH TYPACH MAS POWIETRZNYCH

Związek poszczególnych rodzajów chmur z różnymi typami mas powietrznych został przedstawiony za pomocą nefologicznych modeli statystycznych, otrzymanych w oparciu o opracowaną wcześniej metodę (28), która polegała na wyliczeniu względnego wskaźnika występowania ro-

⁴ Litera „s” oznacza powietrze „stare”, częściowo przetransformowane.



Ryc. 2. Wykresy wskaźnika występowania poszczególnych rodzajów chmur w porach roku według typów mas powietrznych w Polsce, w okresie 1951—1960
 Diagrams of the index of occurrence of the particular genera of clouds in the seasons of the year, acc. to the types of air masses in Poland, from 1951 to 1960

dzajów chmur „ww” (tab. 2). Analiza tej tabeli i skonstruowanych na jej podstawie wykresów (ryc. 2 i 3) pozwala stwierdzić, co następuje.

1. Największą rolę w zachmurzeniu wewnątrzmasowym w Polsce odgrywiają 4 rodzaje chmur: Sc, Ci, Ac i Cu, występujące najczęściej na czterech pierwszych pozycjach w modelach statystycznych. Rozkład ich

40,79	SC
10,76	AC
9,33	St
8,50	CI
7,52	Cu
5,39	Cb
3,77	As
3,38	Cs
1,82	Ns
0,14	Cc

26,36	Sc
17,17	CI
13,62	Cu
8,97	Ac
4,34	St
3,52	Cs
3,29	Cb
1,23	As
0,17	Ns
0,06	Cc

1,5	Sc
1,3	AC
1,5	CI
2,1	Cu
1,2	Cb
1,1	As
2,7	Cs
7,3	Ns
2,6	Cc

37,44	Sc
26,50	Cu
17,44	Ac
14,30	CI
4,71	Cb
4,62	As
2,15	St
1,62	Cs
0,57	Ns
0,13	Cc

1,4	Sc
1,5	CI
1,2	Cu
3,0	Ac
1,0	St
2,1	Cb
1,3	As
2,9	Cs
4,2	Ns
4,2	Cc

1,3	Sc
1,4	Cu
1,1	Ac
2,2	CI
1,8	Cb
1,2	As
1,3	St
3,1	Cs
1,4	Ns
1,4	Cc

32,72	Sc
24,59	Cu
17,08	Ac
16,12	CI
7,38	Cb
4,20	Cs
3,64	As
2,81	St
0,91	Ns
0,22	Cc

1,3	Sc
1,4	Cu
1,1	Ac
2,2	CI
1,8	Cb
1,2	As
1,3	St
3,1	Cs
1,4	Ns
1,4	Cc

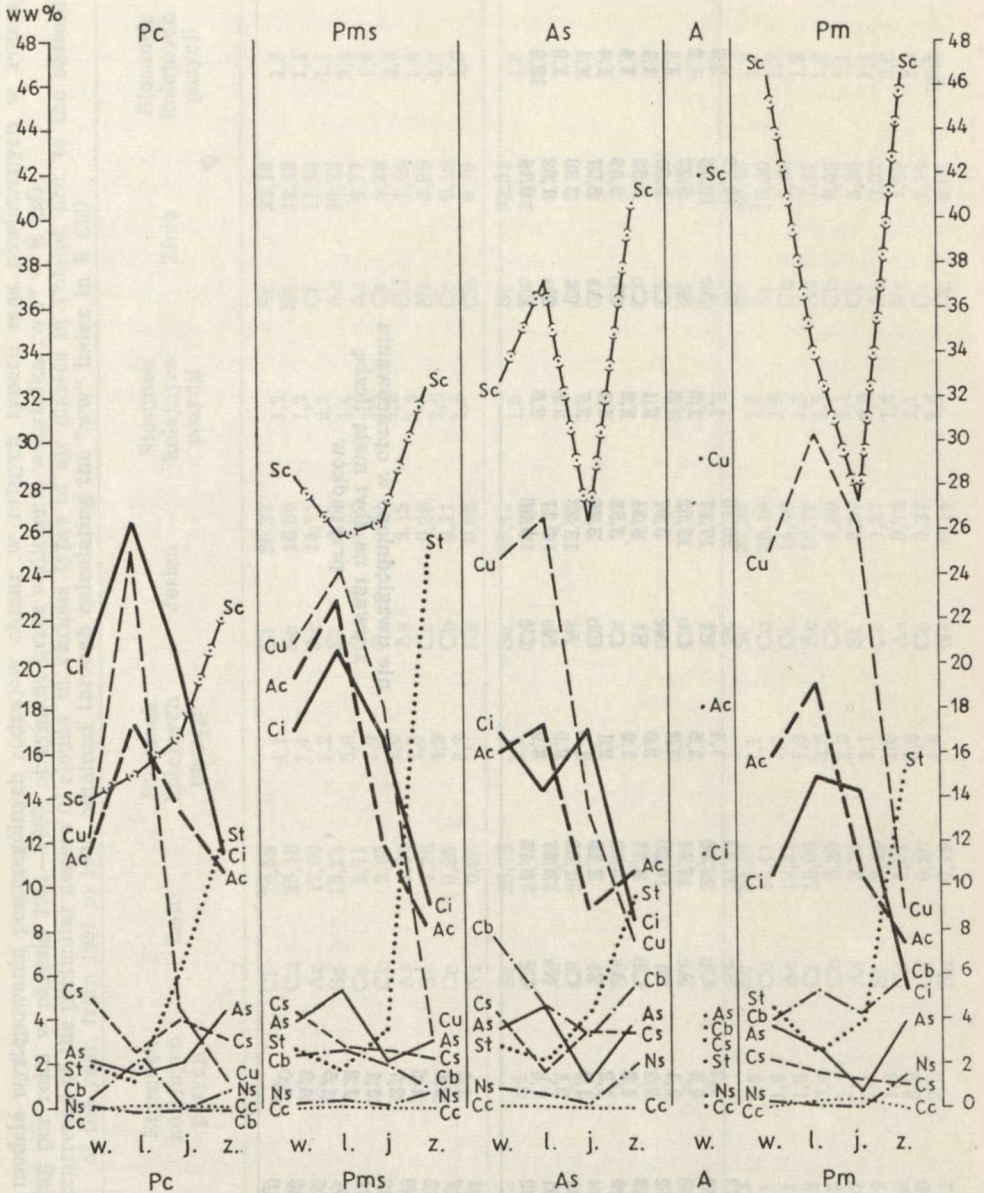
1,4	Sc
1,6	Cu
1,6	Ac
2,7	CI
1,1	As
1,2	Cb
1,5	Cs
4,3	St
3,0	Ns
3,0	Cc

41,91	Sc
29,17	Cu
18,13	Ac
11,49	CI
4,22	As
3,71	Cb
3,01	Cs
2,05	St
0,48	Ns
0,16	Cc

As

nie uwzględniono w opracowaniu
z uwagi na zbyt małą liczbę
przypadków

A



Ryc. 3. Przebieg roczny (według pór roku) wskaźnika występowania poszczególnych rodzajów chmur w typach mas powietrznych w Polsce, w okresie 1951—1960

The yearly course (acc. to the seasons of the year) of the index of occurrence of the particular genera of clouds in various types of air masses in Poland, from 1951 to 1960

występowania na tych pozycjach w 17 zestawionych modelach (tab. 2) jest następujący:

	I poz.	II poz.	III poz.	IV poz.	Razem	%
1. Sc	14	2	—	1	17	100
2. Ci	3	1	5	7	16	94
3. Ac	—	1	8	8	17	100
4. Cu	—	10	3	—	13	76

Fakt wyraźnej przewagi tych 4 rodzajów chmur nad pozostałymi obrazują także liczby przedstawiające ilorazy kolejnych wartości wskaźnika „ww” w poszczególnych modelach (tab. 2). Wynika z nich, iż zerwanie ciągłości podobieństwa wielkości tych stosunków zachodzi najczęściej między pozycją IV a V, przy czym na cztery pierwsze pozycje składają się prawie zawsze 4 wymienione rodzaje chmur, a tylko niekiedy (z reguły w zimie i wyjątkowo przy Pc w jesieni) chmury St. W zimie bowiem, a w niektórych przypadkach i w jesieni, udział tych chmur w zachmurzeniu wewnątrzmasowym wyraźnie wzrasta; zdarza się, że „wypierają” one dwa rodzaje chmur (Cu i Ci) ze wspomnianych czterech na dalszą pozycję. Stosunkowo duże wartości ilorazu początkowych pozycji w zimie podkreślają fakt, widoczny już zresztą w procentowych wartościach wskaźnika, że w tej porze roku dominują szczególnie chmury Sc.

Wiodącą rolę chmur rodzaju Sc, Ci, Ac i Cu (a w zimie i St — kosztem głównie Cu) potwierdza także analiza częstości pojawiania się tych rodzajów chmur w dniach z daną masą powietrzną, przeprowadzona bez względu na liczbę notowań tych chmur nad Polską (tab. 3).

Z analizy tej tabeli wynika, że częstość dni z Sc, Ci, Cu, Ac (a w zimie i St), czyli liczba dni z pojawianiem się każdego z tych 5 rodzajów chmur w stosunku do liczby wszystkich dni z daną masą powietrzną w określonej porze roku, wyrażona w procentach, jest bardzo wysoka. Zwykle osiąga 100% (charakterystyczną i najbardziej stałą pod tym względem porą roku jest lato) i prawie nigdy nie spada poniżej 88% dla każdego z 4 pierwszych rodzajów chmur (wyjątkowo do 84% — Cu w powietrzu As w zimie). Oznacza to, że omawiane rodzaje chmur pojawiają się nad Polską prawie w każdym dniu, a w lecie w każdym dniu, występowania poszczególnych, wyróżnionych typów mas powietrznych, przy zmiennym, ale zawsze stosunkowo bardzo wysokim wskaźniku występowania tych chmur (tab. 2). Jest interesujące, że częstość dni z wewnątrzmasowymi Cu w zimie wcale nie jest mała (tab. 3), chociaż wskaźnik ich występowania — rzecz jasna — nie jest zbyt wysoki (tab. 2). Wynika stąd, iż występują one w zimie dość często jako składnik zachmurzenia wewnątrzmasowego, ale w nieznacznych ilościach.

Tab. 3. Liczba i częstość dni z chmurami: Sc, Cu, Ac, Ci i St w różnych typach mas powietrznych i porach roku w Polsce w okresie 1951—1960
 The number and frequency of cloudy days: Sc, Cu, Ac, Ci, and St in various types of air masses and seasons of the year in Poland, from 1951 to 1960

Typ masy	Wiosna			Lato			Jesień			Zima		
	liczba dni	częstość %		liczba dni	częstość %		liczba dni	częstość %		liczba dni	częstość %	
Pc	Ci	54	100	Ci	58	100	Ac	53	98	Ci	111	95
	Ac	53	98	Cu	58	100	Sc	52	96	Sc	110	94
	Sc	49	91	Ac	58	100	Ci	50	92	Ac	109	93
	Cu	48	89	Sc	58	100	Cu	49	91	St	98	84
Pms	Sc	25	100	Sc	49	100	Sc	24	100	Sc	39	100
	Cu	25	100	Cu	49	100	Cu	24	100	Ac	39	100
	Ac	25	100	Ac	49	100	Ci	24	100	St	38	97
	Ci	25	100	Ci	49	100	Ac	24	100	Ci	36	92
Pm	Sc	13	100	Sc	52	100	Sc	20	100	Sc	17	100
	Cu	13	100	Cu	52	100	Cu	20	100	St	17	100
	Ac	13	100	Ac	52	100	Ci	20	100	Ac	17	100
	Ci	13	100	Ci	52	100	Ac	20	100	Cu	15	88
As	Cu	32	100	Sc	13	100	Sc	9	100	Sc	25	100
	Ci	32	100	Cu	13	100	Ci	9	100	Ac	25	100
	Sc	31	97	Ac	13	100	Ac	9	100	St	24	96
	Ac	31	97	Ci	13	100	Cu	8	89	Ci	24	96
A	Sc	15	100	Sc	15	100	Sc	15	100	Sc	21	84
	Cu	15	100	Cu	15	100	Ci	15	100	Ac	25	100
	Ac	15	100	Ac	15	100	Ac	15	100	St	24	96
	Ci	15	100	Ci	15	100	Cu	8	89	Ci	24	96

nie uwzględniono w pracy z uwagi na zbyt małą liczbę przypadków

2. Spośród 4 rodzajów chmur: Sc, Ac, Ci, Cu pierwsze pozycje zajmują zwykle (w 14 modelach na 17) chmury Sc. Jak wykazano we wcześniejszej pracy, ten rodzaj chmur występuje w Polsce w ogóle najczęściej (25). Tworzą się one prawdopodobnie w wielu przypadkach jako chmury podinwersyjne (zwłaszcza w zimie). W 3 modelach nefologicznych na pierwszej pozycji wystąpiły chmury Ci. Dotyczy to modeli: Pc-wiosna, Pc-lato i Pc-jesień; zatem chmury Ci stanowią istotny składnik zachmurzenia wewnątrzmasowego w powietrzu Pc aż w trzech porach roku. Wobec stwierdzenia tego faktu nasuwa się uwaga, iż chmury te występują stosunkowo często niezależnie od układów frontowych. Istotnie A. M. B a r a n o w (3), który badał wysokość podstawy chmur wysokich, stwierdził (tylko w niektórych interesujących go sytuacjach) występowanie wewnątrzmasowych Ci w 11% przypadków, Ci związanych z frontem ciepłym — w 14% przypadków i Ci związanych z frontem zimnym — w 12% przypadków. Liczby te świadczą wymownie o słuszności powyższej uwagi. Przemawia za nią też rozpowszechniający się pogląd, że — jak podaje np. N. I. M a z u r i n (12) — w tworzeniu się chmur wysokich dużą rolę odgrywa transformacja mas powietrznych i radiacyjna wymiana ciepła w górnej troposferze, a więc nie tylko procesy związane z tworzeniem się i istnieniem frontów atmosferycznych.

Warto podkreślić, że wysoki procent wskaźnika występowania Ci w pozostałych modelach, świadczy o częstym pojawianiu się Ci jako chmur wewnątrzmasowych także i w innych masach powietrznych (nie tylko w Pc) i w różnych porach roku. Ci jako chmura wysoka jest jednak wtedy zapewne nieraz maskowana przez przeważające chmury niższe, przede wszystkim Sc, St i As, co zmniejsza możliwość jej notowań, a zatem i wielkość wskaźnika „ww”. Należy jeszcze zaznaczyć, że pewna liczba wewnątrzmasowych Ci niewątpliwie pochodzi z chmur Cb (Ci cumulonimbogenitus — 10, 24).

3. Jeśli zagadnienie występowania poszczególnych rodzajów chmur w związku z różnymi typami mas powietrznych rozpatrywać na dość dużym obszarze i w przeciągu dostatecznie długiego okresu (w tej pracy zawsze na obszarze Polski w okresie 10 lat), to okazuje się, że na zachmurzenie wewnątrzmasowe składają się — w każdym z wyróżnionych typów masy powietrznej i w każdej porze roku — wszystkie rodzaje chmur, a więc i takie, które zwykło uważać się raczej za chmury charakterystyczne dla układów frontowych, jak np. As i Ns. Próba wyjaśnienia tego faktu może iść w kilku kierunkach.

Po pierwsze — można przyjąć, że mamy tu do czynienia ze znanymi trudnościami klasyfikowania tych rodzajów chmur, wynikającymi z jednej strony — z niezbyt ostrych kryteriów klasyfikacji opartej na wyglądzie chmur, z drugiej zaś — z niestosowania powszechnie pomiaru wy-

sokości podstawy chmur, a tylko oceniania wizualnie tego ważnego parametru, który — przy dokładnych pomiarach — w wielu przypadkach mógłby rozstrzygnąć wątpliwości obserwatora co do rodzaju obserwowanej chmury. Proste to wyjaśnienie wydaje się prawdopodobne wobec stwierdzonego faktu istnienia pewnych rozbieżności w ocenie rodzajów chmur dokonywanej przez obserwatorów nawet w stacjach synoptycznych (25). Można by więc na przykład przypuścić, że chmury Ns są błędnie oznaczonymi chmurami As. Może za tym przemawiać okoliczność, że wskaźnik występowania chmur Ns ma bardzo niskie wartości, często tego samego rzędu co wskaźnik występowania chmur Cc, o których wiadomo, iż są chmurami występującymi w Polsce najrzadziej (25).

Po drugie — jeśli założyć, że klasyfikacja tych chmur jest poprawna, to małe wartości procentowe wskaźnika występowania As i Ns świadczą, iż mamy tu do czynienia raczej ze sporadycznym, lokalnym występowaniem tych chmur. Odnosi się to zwłaszcza do chmur Ns, które zajmują najczęściej (w 15 modelach na 17) pozycje przedostatnie lub ostatnie. Występowanie tych chmur można by wtedy wiązać z istnieniem wewnątrzmasowych, ograniczonych terytorialnie „ognisk” tzw. uporządkowanych ruchów pionowych (wstępujących). J. G. Ł o m o n o s o w i T. P. P o p o w a (11) podają, że chmury Ns—As obserwuje się tylko przy ruchach tego rodzaju; przy czym chmury te są niewątpliwym wskaźnikiem istnienia obszaru uporządkowanych ruchów wstępujących, który może być jednak (i często jest) większy, rozleglejszy od samego układu chmur Ns—As.

Po trzecie — można przypuszczać, że dolne mapy synoptyczne nie uwiadcniają pewnej liczby słabszych frontów atmosferycznych (np. tzw. frontów górnych i frontów zamaskowanych), z którymi mogą być związane chmury As i Ns. W. P a r c z e w s k i, analizując długość okresów bezfrontowych w Polsce (15), zaznacza, że w latach 1948—1952 stwierdził około 8% przypadków niezgodności stanu sytuacji atmosferycznej z obrazem, jaki dawały mapy dolne, a w latach 1953—1957 już zaledwie 3,5% takich przypadków. Wskazywałoby to na stopniową poprawę, z biegiem lat, jakości analizy map dolnych. Ponieważ okres objęty niniejszym opracowaniem to lata 1951—1960, można przyjąć, że liczba przypadków ewentualnej niezgodności map dolnych z rzeczywistą sytuacją atmosferyczną nie powinna przekraczać 3%. Dawałoby to liczbę około 18 dni (na 616 opracowanych) z zachmurzeniem nie wewnątrzmasowym, lecz związanym z ewentualnymi frontami górnymi. Ponieważ wartości wskaźnika „ww” dla chmur Ns i dla chmur As są wartościami tego samego rzędu w poszczególnych typach mas powietrznych i porach roku, które przecież różnią się znacznie liczbą dni, ewentualne frontowe pochodzenie tych chmur wydaje się raczej wątpliwe, gdyż trudno przypuścić, aby rozkład domnie-

manyh dni z nieujawnionymi frontami górnymi odpowiadał rozkładowi wybranych do opracowania dni. Poza tym jest niemal oczywiste, że nawet „odszukanie” tych hipotetycznych 18 dni i wyłączenie ich z analizy, nie zmieniłoby w sposób zasadniczy otrzymanych wyników, gdyż udział As, a zwłaszcza Ns w zachmurzeniu wewnątrzmasowym i tak jest nieistotny. Trzeba też zaznaczyć, że, podobnie jak Ci, także pewna liczba chmur Ns może pochodzić z chmur Cb (4, 10, 24).

4. Statystyczne modele nefologiczne występowania poszczególnych rodzajów chmur w różnych typach mas powietrznych i porach roku wykazują niejednakową rozpiętość. Ponieważ ostatnia ich pozycja w każdym przypadku jest wielkością nieznaczną (wskaźnik rzędu dziesiętnych procenta), na tę różną rozpiętość wpływa przede wszystkim pozycja pierwsza, charakteryzująca się największymi wartościami wskaźnika (tab. 2).

Tab. 4. Rozpiętość modeli statystycznych (amplituda wartości wskaźnika „ww”) w różnych typach mas powietrznych w Polsce, według pór roku w okresie 1951—1960 (28)
The range of statistic models (the amplitude of values of the "ww" index) in various types of air masses in Poland, acc. to the seasons of the year, from 1951 to 1960 (28)

Typ masy	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Pc	20,37	26,45	20,29	22,08
Pms	28,29	25,51	26,18	32,39
Pm	46,41	33,99	27,11	46,42
As	32,50	37,31	26,30	40,65
A	41,75	nie uwzględniono w opracowaniu z uwagi na zbyt małą liczbę przypadków		

Z tab. 4 wynika, że największą rozpiętość wskaźnika wykazuje model Pm-zima, a następnie (prawie równą) Pm-wiosna. Struktura tych modeli (tab. 2) wskazuje na to, iż zasadniczą rolę odgrywają w nich chmury Sc, które osiągają tu maksymalne wartości wskaźnika występowania. W powietrzu Pm obserwuje się też największe zróżnicowanie wskaźnika występowania Sc w różnych porach roku (od 46,53% na wiosnę do 27,25% w jesieni — tab. 2). Najmniejszą rozpiętość wykazują wszystkie modele Pc z minimum rozpiętości w Pc-jesień. Modele te cechuje też największa stałość wartości wskaźnika pierwszej pozycji w różnych porach roku (waha się on zaledwie od 26,53% w lecie do 20,37% w jesieni — tab. 2).

5. Porównanie wartości wskaźnika występowania Sc według pór roku z wielkością zachmurzenia ogólnego w każdym typie masy powietrznej (ryc. 1 i 3) pozwala sądzić, że chmury Sc silnie rzutują na zachmurzenie. W powietrzu Pm, w którym wskaźnik występowania Sc osiąga na wiosnę i w zimie maksymalne wartości, obserwuje się w tych porach roku największe zachmurzenie ogólne, a w powietrzu Pc najmniejsze wartości wskaźnika Sc odpowiadają najmniejszym wielkościom zachmurzenia ogólnego.

nego (ryc. 1), przy czym widać wyraźnie, że wiosenne minimum wskaźnika Sc w powietrzu Pc zbiega się z wiosennym minimum zachmurzenia w tej masie powietrznej.

6. Wskaźnik występowania Sc wyraźnie wzrasta we wszystkich porach roku ze względu na typ masy powietrznej (ryc. 3). Najmniejsze jego wartości notowano w powietrzu Pc, większe w powietrzu Pms i As, a największe w powietrzu Pm. Dają się zauważyć tylko dwa odstępstwa od tej reguły (w modelu Pm-lato i As-jesień). Największą rozpiętość wartości wskaźnik ten osiągnął na wiosnę, mniejszą w zimie, a najmniejszą w jesieni. Przebieg wskaźnika występowania Sc w różnych masach powietrznych we wszystkich porach roku jest w większości przypadków zgodny z przebiegiem wskaźnika Cu i wskaźnika Cb, a odwrotny w stosunku do przebiegu wskaźnika Ci i wskaźnika Cs (ryc. 2). Trudno rozstrzygnąć, czy ten wyraźny spadek liczby notowań chmur wysokich, wyrażający się malejącymi na ogół wartościami wskaźnika występowania Ci i Cs we wszystkich porach roku, poczynając od powietrza Pc poprzez Pms, As, A aż do Pm, spowodowany jest rzeczywistym spadkiem występowania chmur wysokich, czy też po prostu zasłanianiem ich przez chmury niższe. W każdym razie można stwierdzić, że udział chmur wysokich, głównie Ci, w zachmurzeniu wewnątrzmasowym obserwowanym ze stacji naziemnych, jest największy we wszystkich porach roku w powietrzu Pc, następnie kolejno mniejszy, z nielicznymi wyjątkami, w powietrzu Pms, As, a najmniejszy w powietrzu Pm.

W przebiegu rocznym wskaźnika „ww” według pór roku daje się zauważyć podobny charakter przebiegu wskaźnika występowania Ci, Ac i Cu w poszczególnych masach powietrznych, który różni się od biegu wskaźnika Sc (ryc. 3). Chmury Ci, Ac i Cu osiągają we wszystkich masach powietrznych maksymalne wartości wskaźnika występowania w lecie (z jednym wyjątkiem: Ci w modelu As-lato), a minimalne wartości — w zimie (znowu z jednym wyjątkiem: Ac w modelu As-zima). Przebieg wskaźnika występowania Sc jest raczej U-kształtny; minimum osiąga on w jesieni (w powietrzu Pm i As), w lecie (w powietrzu Pms) i na wiosnę (w powietrzu Pc), natomiast maksimum z reguły w zimie, z wyjątkiem modelu Pm, w którym nieznaczną przewagę osiągnął na wiosnę.

7. Jeśli jako miarę chwiejności (stałości) masy powietrznej przyjąć wielkość wskaźnika występowania chmur Cu — co w świetle pracy M. P. Prichodki (17) wydaje się uzasadnione — lub, może lepiej, średnie wartości wskaźnika występowania Cu i Cb, jak to uczyniono w osobnym artykule (32), to okazuje się, że najbardziej chwiejne (najmniej stałe) jest powietrze Pm w lecie, a najmniej chwiejne (najbardziej stałe) — powietrze Pc w zimie. Stwierdzenie to nie jest ani nowe, ani zaskakujące, wy-

daje się jednak o tyle interesujące, że świadczy na korzyść wiarygodności materiału i zastosowanej metody jego opracowania.

8. Z tab. 2, a zwłaszcza z wykonanej na jej podstawie ryc. 2 wynika, że można doszukiwać się pewnych podobieństw i różnic między poszczególnymi typami mas powietrznych w różnych porach roku pod względem udziału występujących w nich rodzajów chmur (na ryc. 2 podobieństwo wiosny i lata jest szczególnie widoczne). Dokładniejszemu, liczbowemu określeniu tego podobieństwa poświęcony jest następny rozdział.

PODOBIEŃSTWO POSZCZEGÓLNYCH TYPÓW MAS POWIETRZNYCH POD WZGLĘDEM UDZIAŁU WYSTĘPUJĄCYCH W NICH RODZAJÓW CHMUR

Jak wyjaśniono w publikacji, omawiającej szczegółowo metodę niniejszego opracowania (28), podobieństwo poszczególnych typów mas powietrznych pod względem udziału występujących w nich rodzajów chmur (innymi słowy podobieństwo otrzymanych modeli statystycznych) zostało określone na podstawie zmodyfikowanego wzoru Spearmana na współczynnik korelacji kolejności. Wyniki obliczeń zestawiono w tab. 5. Zawiera ona bogaty materiał porównawczy w postaci 136 wartości współczynnika korelacji kolejności ρ' i z tego powodu nastęrczać może pewne trudności w interpretacji. Ażeby temu zapobiec, zamieszczono dalej kilka wyciągów, które lepiej wyjaśniają podobieństwa modeli statystycznych rodzajów chmur występujących w poszczególnych typach mas powietrznych.

Przypomnijmy jeszcze tylko, że współczynnik ρ' równy $+1$ (który w tabeli nie występuje) oznaczałby zupełne podobieństwo, czyli korelację całkowitą prostą dwóch nefologicznych modeli statystycznych⁵, natomiast współczynnik ρ' równy -1 (który w tabeli także nie występuje) wskazywałby na zupełny brak podobieństwa, czyli korelację całkowitą odwrotną. W konsekwencji ułamkowe, dodatnie wartości współczynnika ρ' (z którymi wyłącznie mamy do czynienia w tab. 5) wskazują na pewien stopień podobieństwa dwóch danych modeli, charakteryzujących udział określonych rodzajów chmur w dwóch różnych masach powietrznych w danej porze roku, stopień tym większy, im bardziej wartość współczynnika zbliża się do $+1$.

Ogólny rzut oka na tab. 5 pozwala stwierdzić, że występuje w niej dużo bardzo wysokich wartości współczynnika podobieństwa. Jest to zrozumiałe, jeśli się pamięta, iż w modelach statystycznych, zestawionych w tab. 2 i przedstawionych graficznie na ryc. 2 i 3, kolejność 4 głównych rodzajów chmur stosunkowo często była jednakowa w różnych masach powietrznych i porach roku. Można z tego wyprowadzić ogólny wniosek

⁵ Współczynnik korelacji $\rho'=+1$ można tu otrzymać porównując określony nefologiczny model statystyczny z nim samym.

Tab. 5. Współczynniki podobieństwa ϵ' poszczególnych typów mas powietrznych pod względem udziału występujących w nich rodzajów chmur według pór roku w Polsce w okresie 1951—1960
 Coefficients of similarity ϵ' of the particular types of air masses in respect of participation of various genera of clouds occurring there, acc. to the seasons of the year in Poland, from 1951 to 1960

	As		As _z	Pm			Pms			Pc				
	As _w	As _j		Pm _w	Pm _i	Pm _j	Pm _z	Pms _w	Pms _i	Pms _j	Pc _w	Pc _i	Pc _z	
A _w	0,950	0,980	0,739	0,977	0,912	0,674	0,950	0,990	0,891	0,647	0,838	0,784	0,670	0,504
As _w	0,957	0,922	0,707	0,954	0,970	0,651	0,924	0,939	0,907	0,633	0,881	0,852	0,698	0,460
As _j	0,897	0,700	0,967	0,997	0,954	0,766	0,911	0,950	0,891	0,681	0,798	0,769	0,673	0,501
As _j	0,860	0,939	0,894	0,966	0,966	0,776	0,868	0,843	0,951	0,850	0,900	0,814	0,878	0,704
As _z	0,885	0,796	0,901	0,886	0,743	0,720	0,921	0,913	0,921	0,666	0,548	0,825	0,828	0,828
Pm _w	0,964	0,960	0,870	0,911	0,911	0,945	0,808	0,798	0,739	0,761	0,680	0,772	0,680	0,496
Pm _i	0,957	0,759	0,907	0,947	0,894	0,678	0,795	0,678	0,772	0,795	0,843	0,818	0,759	0,543
Pm _j	0,775	0,891	0,891	0,891	0,940	0,737	0,843	0,818	0,759	0,543	0,366	0,586	0,675	0,675
Pm _z	0,654	0,636	0,762	0,839	0,481	0,366	0,586	0,675	0,600	0,600	0,802	0,752	0,537	0,537
Pms _w	0,980	0,980	0,947	0,708	0,888	0,868	0,656	0,868	0,795	0,697	0,537	0,600	0,707	0,707
Pms _i	0,910	0,910	0,838	0,904	0,799	0,854	0,707	0,507	0,833	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954
Pms _j	0,917	0,917	0,882	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Pms _z	0,759	0,759	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361
Pc _w	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849
Pc _i	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849
Pc _z	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849

Litery: w, i, j, z, są skrótami nazw poszczególnych pór roku.

Letters: w, i, j, z are the shortenings of the names of the particular seasons of the year.

Współczynniki statystycznie nieistotne na poziomie ufności = 0,05.

Statistically insignificant coefficients on the level of confidence = 0,05.

Współczynniki statystycznie istotne na poziomie ufności = 0,01.

Statistically insignificant coefficients on the level of confidence = 0,01.

Przykład odczytywania współczynnika podobieństwa 2 różnych typów mas powietrznych w różnych porach roku.

An example of taking the readings of the coefficients of similarity of 2 different types of air masses in various seasons of a year.

As_j → 0,848

Pms_i

dotyczący metodycznej strony opracowania, że wprowadzona modyfikacja wzoru (28) daje zadowalające rezultaty, oraz wnioszek natury klimatologicznej, że stosunkowo często poszczególne typy mas powietrznych w różnych porach roku charakteryzują się dość podobnym udziałem występujących w nich rodzajów chmur, co — być może — jest obrazem niezbyt wielkich różnic ich właściwości i procesów fizycznych w nich zachodzących.

Dokładniejsza analiza tab. 5 powinna — jak się wydaje — pójść w trzech kierunkach i wykazać:

po pierwsze — czy jeden i ten sam typ masy powietrznej wykazuje podobieństwo w różnych porach roku,

po drugie — czy różne typy mas powietrznych wykazują podobieństwo w obrębie danej pory roku,

po trzecie — czy różne typy mas powietrznych wykazują podobieństwo w różnych porach roku.

W celu rozpatrzenia pierwszego zagadnienia przeanalizowano odpowiednie fragmenty tab. 5, tj. wartości współczynników tworzące dolne „trójkąty” w poszczególnych kolumnach tabeli. Daje się tu zauważyć pewną prawidłowość; najwyższe współczynniki podobieństwa przypadają w każdym typie masy powietrznej na relację: wiosna—lato⁶, nieco mniejsze przypadają na relację: wiosna—jesień (a w powietrzu As wyjątkowo na relację: lato—jesień). Stosunkowo niskie współczynniki podobieństwa stwierdza się porównując daną zimową masę powietrzną z taką samą masą w innych porach roku, przy czym zawsze najmniejsze wartości współczynnika przypadają na relację: zima—lato, co świadczy wymownie o tym, że udział poszczególnych rodzajów chmur wewnątrzmasowych w danym typie masy powietrznej różni się najbardziej w tych dwóch porach roku. Warto zauważyć, że prawidłowości te w ogólnych zarysach zaznaczają się też przy analizowaniu przebiegu rocznego zachmurzenia ogólnego w Polsce, z którego wynika, że chłodna pora roku (XI—II) różni się wyraźnie wielkością zachmurzenia od bardziej do siebie pod tym względem podobnych: wiosny, lata i jesieni, które składają się na ciepłą porę roku (26).

W celu rozpatrzenia drugiego zagadnienia „wypreparowano” z tab: 5 odpowiednie wartości współczynnika podobieństwa:

wiosna — różne masy powietrzne				lato — różne masy powietrzne				
	A	Pm	Pms	Pc		Pm	Pms	Pc
As	0,950	0,915	0,924	0,881	As	0,997	0,950	0,769
	A	0,929	0,950	0,838		Pm	0,947	0,772
		Pm	0,911	0,798			Pms	0,795
			Pms	0,888				

⁶ Kolejność pór roku zestawionych w danej relacji nie ma znaczenia. I tak np. relacja: wiosna-lato znaczy to samo co relacja: lato-wiosna itd.

jesień — różne masy powietrzne				zima — różne masy powietrzne			
	Pm	Pms	Pc		Pm	Pms	Pc
As	0,966	0,951	0,878	As	0,886	0,921	0,828
	Pm	0,940	0,759		Pm	0,839	0,675
		Pms	0,854			Pms	0,954

Z powyższych zestawień wpływają następujące wnioski. Masy powietrzne A, As, Pm i Pms, porównywane między sobą, wykazują w poszczególnych porach roku dość duże podobieństwo pod względem udziału występujących w nich rodzajów chmur. Najbardziej różni się od nich powietrze Pc, które przy porównaniach ma z reguły najniższe wartości współczynnika. Na wiosnę, w lecie i w jesieni ten typ masy powietrznej wyraźnie odbiega wartościami współczynnika od pozostałych typów mas powietrznych. Najsilniej zaznacza się to w lecie (wszystkie współczynniki rzędu 0,700). W zimie prawidłowość ta jest nieco zakłócona: Pc-zima różni się wprawdzie zdecydowanie od Pm-zima, ale to samo Pc-zima w porównaniu z Pms-zima daje wysoki współczynnik podobieństwa. Być może, iż Pm transformując w zimie w Pms traci sporo pary wodnej i proces ten upodabnia je do bardziej suchego w tej porze roku powietrza Pc⁷.

Aby ułatwić analizę trzeciego zagadnienia usunięto z tab. 5 zbędne współczynniki, pozostawiając tylko te, które wyrażają podobieństwo różnych typów mas powietrznych w różnych porach roku. Tak zestawiona tab. 6 zyskała na przejrzystości, co ułatwiło wykrycie pewnych prawidłowości. Okazało się, iż:

1. Wiosenne masy powietrzne A, As, Pm i Pms, porównywane kolejno między sobą w pozostałych porach roku, wykazują największe podobieństwo z masami letnimi (a czasem z jesiennymi), a najmniejsze — z zimowymi. Wiosenne powietrze Pc wykazuje największe podobieństwo z pozostałymi masami jesiennymi, mniejsze — z letnimi, a najmniejsze — z zimowymi.

2. Dowolna, letnia masa powietrzna jest najbardziej podobna do mas wiosennych, nieco mniej — do jesiennych, a najmniej — do zimowych (wyjątkiem jest jedna relacja: Pc-lato — Pm-jesień, dla której współczynnik jest większy niż dla relacji: Pc-lato — Pm-wiosna).

3. Jesienne masy powietrzne As, Pm i Pms wykazują najczęściej największe podobieństwo z pozostałymi masami wiosennymi, nieco mniejsze z letnimi, a najmniejsze z zimowymi. W jesiennym powietrzu Pc, porównywanym z innymi masami w różnych porach roku, prawidłowość ta jest zakłócona (Pc-jesień — As-zima oraz Pc-jesień — Pms-zima dają współczynniki wyższe niż otrzymywane dla tych samych mas w relacji: wiosna-lato).

⁷ Wydaje się, że należy brać tu pod uwagę raczej wilgotność właściwą niż względną.

4. Dowolna, zimowa masa powietrzna wykazuje najczęściej najmniej-
sze podobieństwo do innych mas letnich (a czasem wiosennych), zaś naj-
wyższe — do jesiennych (i czasami do wiosennych).

Zauważone prawidłowości potwierdzają i pozwalają uogólnić wycią-
gnięte poprzednio wnioski co do największego podobieństwa udziału
rodzaju chmur w różnych typach mas powietrznych w relacji: wiosna-
-lato i największych różnic zachodzących pod tym względem, między
masami letnimi a zimowymi. Jeśli chodzi o typy mas powietrznych, to naj-
większe podobieństwo udziału rodzajów chmur stwierdza się w powietrzu
A, As, Pm i Pms, natomiast powietrze Pc różni się od tych mas powietrz-
nych wyraźnie we wszystkich porach roku, a najbardziej w zimie (różnice
te ulegają zmniejszeniu dla relacji: Pc-zima — pozostałe zimowe masy
powietrzne).

Warto prześledzić jeszcze, jak układają się maksymalne i minimalne
wartości współczynnika podobieństwa w tab. 5. Informują o tym poniższe
zestawienia.

Maksymalne wielkości współczynnika podobieństwa ρ' dla poszczegół-
nych mas powietrznych (uporządkowane według malejących wartości).

As-lato	— Pm-lato	0,997	Pms-zima	— Pc-zima	0,954
A-wiosna	— Pms-lato	0,990	Pms-jesień	— As-jesień	0,952
Pms-wiosna	— Pms-lato	0,980	A-wiosna	— As-wiosna	0,950
As-wiosna	— Pm-jesień	0,970	A-wiosna	— Pms-wiosna	0,950
Pm-wiosna	— As-lato	0,967	As-zima	— Pms-zima	0,921
As-jesień	— Pm-jesień	0,966	Pc-wiosna	— Pc-lato	0,917
Pm-wiosna	— Pm-lato	0,964	Pm-zima	— As-zima	0,887
As-wiosna	— As-lato	0,957	Pc-jesień	— Pms-zima	0,883

Liczebność maksymalnych wielkości współczynnika podobieństwa dla:
1) tego samego typu masy powietrznej w różnych porach roku — 4, w tym:
wiosna-lato 4; 2) różnych mas powietrznych w tej samej porze roku — 8,
w tym: zima-zima 3, wiosna-wiosna 2, jesień-jesień 2, lato-lato 1; 3) róż-
nych mas powietrznych w różnych porach roku — 4, w tym: wiosna-lato
2, wiosna-jesień 1, jesień-zima 1.

Minimalne wielkości współczynnika podobieństwa ρ' dla poszczegół-
nych mas powietrznych (uporządkowane według rosnących wartości).

Pc-lato	— Pc-zima	0,361	Pc-lato	— As-zima	0,548
Pc-lato	— Pm-zima	0,366	Pc-jesień	— Pm-zima	0,586
As-wiosna	— Pc-zima	0,460	Pms-wiosna	— Pc-zima	0,600
Pc-wiosna	— Pm-zima	0,481	Pm-wiosna	— Pc-zima	0,633
Pm-lato	— Pc-zima	0,496	Pm-zima	— Pc-zima	0,675
As-lato	— Pc-zima	0,501	As-jesień	— Pc-zima	0,704
A-wiosna	— Pc-zima	0,504	Pms-jesień	— Pc-zima	0,707

Pc-lato	— Pms-zima	0,507	Pm-jesień	— Pc-jesień	0,759
Pms-lato	— Pc-zima	0,537	As-lato	— Pc-lato	0,769
Pm-jesień	— Pc-zima	0,543	Pm-wiosna	— Pc-wiosna	0,798

Liczebność minimalnych wielkości współczynnika podobieństwa dla: 1) tego samego typu masy powietrznej w różnych porach roku — 1, w tym: lato-zima 1; 2) różnych mas powietrznych w tej samej porze roku — 4, w tym: wiosna-wiosna 1, lato-lato 1, jesień-jesień 1, zima-zima 1; 3) różnych mas powietrznych w różnych porach roku — 15, w tym: lato-zima 6, wiosna-zima 5, jesień-zima 4.

Z zestawień tych wynikają jeszcze dwa stwierdzenia, a mianowicie:

1. Najbardziej liczne przypadki dużego podobieństwa pod względem udziału chmur wewnątrzmasowych zachodzą dla różnych mas powietrznych w tej samej porze roku.

2. Najbardziej liczne przypadki małego podobieństwa pod wspomnianym względem zachodzą dla różnych mas powietrznych w różnych porach roku.

Stwierdzenia te skłaniają do wniosku, że wewnątrzmasowe nefologiczne modele statystyczne bardziej różnią się między sobą ze względu na porę roku (zwłaszcza w relacji: lato-zima) niż ze względu na różny typ masy powietrznej, w której występują.

Pozostaje jeszcze sprawa oceny statystycznej istotności otrzymanych współczynników podobieństwa. Otóż, przy małych liczbach N , mniejszych od 25 (w niniejszym opracowaniu $N=10$, gdyż brano pod uwagę 10 rodzajów chmur), można dokonać wspomnianej oceny posługując się tablicą wyliczoną przez W. J. D i x o n a i F. J. M a s s e y a (7). Wynika z niej, że przy $N=10$, na poziomie ufności 0,05 za statystycznie istotne można uważać współczynniki korelacji kolejności (tutaj współczynniki podobieństwa) co najmniej równe 0,564 i większe. Współczynników o wartościach mniejszych od 0,564 jest w tab. 5 zaledwie 11 (8,1%), przy czym, jak widać, występują one wyłącznie przy porównywaniu powietrza Pc-zima z niektórymi innymi masami powietrznymi lub przy porównywaniu niektórych zimowych mas powietrznych z powietrzem Pc. Jeśli z dwu powszechnie stosowanych, umownych poziomów ufności przyjąć poziom wyższy — równy 0,01 — to okazuje się, że za statystycznie istotne można uważać współczynniki równe lub wyższe od 0,746. Współczynnikiem o wartości mniejszej od 0,746, których w tab. 5 jest 42 (31%), nie można wtedy zbyt ufać. Należy przy tym podkreślić, że nieufność, z jaką można się odnosić do współczynników o wartości poniżej 0,564 lub — w drugim przypadku — poniżej 0,746 dotyczy niepewnej ich wielkości, której granic nie sposób tutaj ustalić ze względu na brak powszechnie przyjętych wzorów na obliczanie błędu standardowego współczynnika korelacji kolejności (7). Jest możliwe, iż stopień podobieństwa określony

przez te współczynniki nie jest pewny i że obarczone są one jakimś błędem przypadkowym. Jednakże wydaje się, iż jest bardzo prawdopodobne, że błąd ten nie jest duży i że uwzględnienie go (gdyby to było możliwe) nie zmieniłoby w sposób zasadniczy otrzymanych wyników. Przemawia za tym ogólna tendencja spadkowa wartości współczynników, jaka zaznacza się przy porównywaniu różnych mas powietrznych w różnych porach roku z masami zimowymi w ogóle, a z masami Pc-zima w szczególności. Tendencję tę można zauważyć w dość konsekwentnie — na ogół — malejących odnośnych współczynnikach większych od 0,564, a w niektórych przypadkach nawet większych od 0,746, które przecież mogą być uznane za statystycznie istotne na wysokim poziomie ufności.

Konkludując: sformułowane powyżej wnioski można uznać — pomimo wysuniętych pewnych zastrzeżeń dotyczących zwłaszcza porównań dowolnych mas powietrznych z masami Pc-zima — za wysoce prawdopodobne.

WAŻNIEJSZE WNIOSKI

W okresie objętym opracowaniem, tj. w latach 1951—1960, maksymalne średnie zachmurzenie w poszczególnych masach powietrznych obserwowano w zimie. Najwyższe wartości zachmurzenia na wiosnę i w lecie związane były z masą powietrzną Pm, a w jesieni z masą Pms. Najmniejsze wartości zachmurzenia we wszystkich porach roku notowano przy zaleganiu powietrza Pc (tab. 1 i ryc. 1).

Na zachmurzenie wewnątrzmasowe składały się w poszczególnych typach mas powietrznych w każdej porze roku wszystkie rodzaje chmur. Główną jednak rolę w zachmurzeniu wewnątrzmasowym w Polsce odgrywały 4 rodzaje chmur: Sc, Ci, Ac, Cu. W zimie, a w przypadku powietrza Pc i w jesieni, bardzo poważnie wzrastał udział chmur St, jednakże wyraźnie dominującym rodzajem chmur (nawet wyraźniej niż w pozostałych porach roku) były także chmury Sc (tab. 2 i ryc. 2 i 3).

Wspomniane 4 główne rodzaje chmur pojawiały się nad Polską prawie w każdym dniu, a w lecie w każdym dniu, występowania sytuacji, w której cały kraj objęty był określoną masą powietrzną. Chmury Cu stanowiły także i w zimie dość często składnik zachmurzenia wewnątrzmasowego, chociaż występowały w niewielkich ilościach (tab. 2 i 3).

Najwyższy wskaźnik występowania w powietrzu Pc na wiosnę, w lecie i w jesieni miały chmury Ci. Chmury te — jak wiadomo — nie wpływają zbyt silnie na spadek intensywności promieniowania słonecznego; niemniej jednak, gdyby wyłączyć je z zachmurzenia ogólnego (jak to się czasem postuluje), obraz pogody związanej z powietrzem Pc, słonecznej, o małym zachmurzeniu, w trzech wspomnianych porach roku byłby jeszcze wyraźniejszy.

Srednie wartości wskaźnika występowania chmur Cu i Cb (32) wskazują, że najbardziej chwiejne było nad Polską powietrze Pm w lecie, a najmniej chwiejne — powietrze Pc w zimie.

Różne typy mas powietrznych w różnych porach roku stosunkowo często charakteryzowały się podobnym udziałem występujących w nich rodzajów chmur, przy czym największe podobieństwo wykazywały wszystkie typy mas (zestawiane parami) w relacji: wiosna-lato, nieco mniejsze (i już nie dla wszystkich typów mas) w relacji wiosna-jesień, stosunkowo niskie (we wszystkich typach mas) w relacji: zima-wiosna i zima-jesień, a zawsze najmniejsze w relacji: zima-lato. Świadczy to, że udział rodzajów chmur wewnętrzmasowych w dwóch danych typach mas różnił się najwyraźniej w tych dwu skrajnych termicznie porach roku (tab. 5).

Jeśli otrzymane nefologiczne modele statystyczne rozpatrywać według poszczególnych typów mas powietrznych, to okazuje się, że masy A, As, Pm i Pms (porównywane parami ze sobą) wykazują w różnych porach roku dość znaczne podobieństwo. Najsilniej różni się od nich, pod względem udziału występujących rodzajów chmur, powietrze Pc, przy czym szczególnie wyraźnie zaznacza się to w zimie (tab. 5). Można stwierdzić, że wspomniane różnice na ogół są większe ze względu na zmieniającą się porę roku niż ze względu na różne typy mas powietrznych.

Uzyskane wyniki liczbowe dla Polski, dotyczące wielkości zachmurzenia i rodzajów chmur w poszczególnych typach mas powietrznych, częściowo tylko pokrywają się z danymi opisowo-jakościowymi, które można znaleźć na ten temat w literaturze. Otrzymane wyniki są z pewnością — pomimo zastrzeżeń, jakie można by wysuwać — pełniejsze i o wiele dokładniejsze. Wynika to z ich charakteru ilościowego i z faktu, że w niniejszym opracowaniu przedstawiono po raz pierwszy obraz statystyczny stosunków nefologicznych, zachodzących w różnych masach powietrznych jednocześnie w całej Polsce. Dotychczasowe dane na temat udziału rodzajów chmur wewnętrzmasowych (poparte raczej sporadycznymi obserwacjami głównie z terenów ZSRR) opierane były raczej na teoretycznej znajomości procesów fizycznych rządzących powstawaniem chmur, bez uwzględniania modyfikującego działania podłoża i innych czynników klimatycznych. W szczególności zasługuje na podkreślenie duży udział chmur Ci w zachmurzeniu wewnętrzmasowym (przynajmniej w warunkach Polski — głównie w powietrzu Pc-wiosna, Pc-lato i Pc-jesień), duży udział chmur Sc i Ac prawie we wszystkich typach mas i nie tak znaczny — jak im nieraz przypisywano — udział chmur Cu i Cb (zwłaszcza tych ostatnich) w chłodnych, chwiejnych masach powietrznych w lecie.

Wydaje się, że w oparciu o otrzymane nefologiczne modele statystyczne udziału rodzajów chmur w poszczególnych typach mas powietrznych

można by było próbować przewidywać rodzaj chmur i wielkość zachmurzenia w przypadkach zalegania nad Polską określonej masy powietrznej, a następnie — w odniesieniu do tych modeli — określać liczbowo trafność prognoz. Uzyskany na tej drodze materiał i doświadczenia pozwoliłyby, być może, w przyszłości na zwiększenie dokładności prognoz nefologicznych w sytuacjach, stanowiących średnio około 17% dni w roku.

LITERATURA

1. Abramowicz K. G., Głazunow W. G.: Usłowija formirowanija i ewolucyi niżnich obłakow na Ukrainie w nojabrie-diekabrie 1962 g. Trudy Centr. Inst. Prognoz, wyp. 157, Leningrad 1966.
2. Alisow B. P., Drosdow O. A., Rubinstein E. S.: Lehrbuch der Klimatologie. Berlin 1956.
3. Baranow A. M.: Godowyj chod wysoty wierchniej granicy i wiertikalnaja protiaziennost' obłakow wierchniego jarusa. Sbornik „Issliedowanija obłakow, osadkow i grozowego elektriczesstwa”, Moskwa 1961.
4. Centralny Instytut Prognoz. Krótkoterminowe prognozy pogody (tłum. z ros.) Cz. I i II, Warszawa 1962.
5. Chrgian A. Ch.: O fizycznych processach obrazowanija obłacznych słojuw. Wiestnik Moskowskiego Inst. Fiz., Astron., nr 1, Moskwa 1967.
6. Chromow S. P.: Osnowy sinoptycznej mietieorologii. Cz. IV, Leningrad 1948.
7. Guilford J. P.: Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice (tłum. z ang.). Warszawa 1960.
8. Haman K.: Wstęp do fizyki atmosfery (meteorologia). Warszawa — Łódź 1965.
9. Kosiba A.: Klimat Ziemi Śląskich. Katowice — Wrocław 1948.
10. Kriczak O. G.: Meteorologia synoptyczna (tłum. z ros.). Cz. I — Warszawa 1958, Cz. II — Warszawa 1959.
11. Łomonosow J. G., Popowa T. P.: Uporiadoczonyje wiertikalnyje dwizenija wozducha i obłacznost'. Mietieorolog. i Hidrolog., nr 3, Moskwa 1964.
12. Mazurin N. I.: Sinoptičeskieje usłowija formirowanija pieristo-słoistoj obłaczności i nadpieristych obłacznych obrazowanij. Sbornik „Issliedowanija obłakow, osadkow i grozowego elektriczesstwa”. Moskwa 1961.
13. Mörkoffer W., Perl G.: Über Bewölkerschätzung mit- und ohne Berücksichtigung der Cirren. Verhandl. der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Davos 1942.
14. Okołowicz W.: Zachmurzenie Polski. Prace Geograficzne, nr 34, Inst. Geogr. PAN, Warszawa 1962.
15. Parczewski W.: O podziale roku w Polsce na porę chłodną i ciepłą (Concerning Division of the Year in Poland in a Cool and a Warm Season). Przegl. Geofiz., R. VII (XV), z. 3, Warszawa 1962.
16. Parczewski W.: Aeroklimatyczne pory roku w Polsce środkowej (Aeroclimatic Seasons of the Year in Central Poland). Przegl. Geofiz. R. VII (XV), z. 2, Warszawa 1962.
17. Prichodko M. P.: K woprosu o prognozie koliczesstwa wnutrimassowej konwiewktiwnoj obłaczności. Sbornik „Issliedowanije obłakow. osadkow i grozowego elektriczesstwa”. Leningrad 1957.
18. Rafałowski S., Bołaszevska J., Reutt F.: Częstotliwość występowania

- poszczególnych mas powietrza w Polsce (Fréquence de la parution des masses particulières d'air en Pologne). *Wiad. Sł. Hydr. i Met.*, t. III, z. 5, Warszawa 1955.
19. Romer E.: Pogląd na klimat Polski (Some Methodical Remarks upon the Climatological Maps of Poland). *Czasop. Geogr.*, t. XVI, z. 3, Warszawa 1938.
 20. Romer E.: Rozmyślania klimatyczne (Some Reflections on the Problems of Climate). *Czasop. Geogr.*, t. XVII, z. 3—4, Wrocław 1946.
 21. Schinze G., Siegel R.: *Die Luftmassenmäßige Arbeitsweise*. Leipzig 1943.
 22. Sieliezniewa E. S.: Niektóre rezultaty issledowanija wnutrimassowych obłaków. *Sbornik „Issledowanija obłaków, osadków i grozowego elektricestwa”*. Leningrad 1957.
 23. Stenz E.: *Zachmurzenie Polski (Cloudiness in Poland)*. *Przegląd Met. i Hydr.*, z. 1—2, Warszawa 1952.
 24. Światowa Organizacja Meteorologiczna. *Międzynarodowy Atlas Chmur (skrócony)*. Warszawa 1959.
 25. Warakomski W.: Częstość występowania rodzajów chmur w Polsce w okresie 1950—1959 (Fréquence d'apparition des genres de nuages en Pologne dans la période 1950—1959). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XVI, 8, Lublin 1961.
 26. Warakomski W.: *Zachmurzenie w Polsce (Cloudiness in Poland)*. *Przegl. Geofiz.*, R. VIII (XVI), z. 1—2, Warszawa 1963.
 27. Warakomski W.: *Zachmurzenie i rodzaj chmur w zależności od mas powietrznych w Polsce. Abstrakty prac habilitacyjnych i doktorskich r. 1969. Dokumentacja Geogr. Inst. Geogr. PAN*, z. 6, Warszawa 1970.
 28. Warakomski W.: Metoda obliczania i porównywania statystycznych modeli występowania poszczególnych rodzajów chmur w różnych masach powietrza nad danym obszarem (A Method for Computing and Comparing of Statistical Models of the Occurrence of Various Cloud Genera in Different Air Masses). *Przegl. Geofiz.*, R. XIV (XXII), z. 3—4, Warszawa 1969.
 29. Warakomski W.: Częstość występowania dni i okresów z poszczególnymi typami mas powietrza nad Polską, 1951—1960 (Number of Days and Frequency of Periods with Particular Air-Mass Types over Poland, 1951—1960). *Przegl. Geofiz.*, R. XIV (XXII), z. 1, Warszawa 1969.
 30. Warakomski W.: Próba podziału mas powietrznych z uwzględnieniem klasyfikacji termiczno-dynamicznej i geograficznej wraz z określeniem występujących w nich rodzajów chmur w Polsce w okresie 1951—1960. *Folia Societ. Scient. Lublinensis, sectio D*, vol. 11, Lublin 1971.
 31. Warakomski W.: W sprawie używania terminu „masa powietrza”. *Folia Societ. Scient. Lublinensis, sectio D*, vol. 11, Lublin 1971.
 32. Warakomski W.: Wskaźniki występowania chmur Cumulus i Cumulonimbus jako miara chwiejności równowagi powietrza. *Folia Societ. Scient. Lublinensis, sectio D*, vol. 13, Lublin 1971.
 33. Zwieriew A. S.: *Meteorologia synoptyczna (tłum. z ros.)*. Warszawa 1965.

РЕЗЮМЕ

Во время наблюдений, то есть в годы 1951—1960, максимальная средняя облачность в отдельных воздушных массах отмечалась зимой. Самые высокие величины облачности весной и летом были связаны с воздушной массой Pm, а осенью с массой Pms. Самые низкие величины облачности во всех временах года отмечались при залегании воздуха Pc (табл. 1, рис. 1).

Внутримассовую облачность составляли в отдельных типах воздушных масс в каждое время года все виды облаков. Главную, однако, роль во внутримассовой облачности в Польше играли 4 вида облаков: Sc, Ci, As, Cu. Зимой, а в случае воздуха Ps и осенью, очень увеличивалось участие облаков St, однако резко доминирующим видом облаков (даже отчётливее чем в остальные времена года) были облака Sc (табл. 2, рис. 2 и 3).

Упомянутые 4 главные виды облаков появлялись над Польшей почти в каждый день, а летом в каждый день при обстановке, в которой вся страна была обнята определённой массой воздуха. Облака Cu также и зимой довольно часто входили в состав внутримассовой облачности, хотя в небольшом количестве (табл. 2 и 3).

Самый высокий показатель наличия в воздухе Ps весной, летом и осенью имели облака Ci. Эти облака — как известно — не влияют слишком сильно на падение интенсивности солнечной радиации; тем не менее, если бы их исключить из общей облачности (как иногда предлагают), образ погоды связанной с воздухом Ps, солнечной, с малой облачностью, в 3 упомянутых временах года был бы ещё более отчётливым.

Средние величины показателя появления облаков Cu и Cb (32) указывают, что наименее устойчивым был над Польшей воздух Pm летом, а наиболее устойчивым зимой — воздух Ps.

Разные типы воздушных масс в разные времена года относительно часто характеризовались подобным участием выступающих в них видов облаков, при чём самое большое сходство проявляли все типы масс (составлены парами) в реляции: весна—лето, несколько меньше (и уже не для всех типов масс) в реляции: весна—осень, значительно низкие (во всех типах масс) в реляции: зима—весна и зима—осень, а всегда наименьше в реляции: зима—лето. Это свидетельствует о том, что участие видов внутримассовых облаков в 2 данных типах масс было различное и наиболее ярко проявлялось в этих двух крайних, в термическом отношении, временах года (табл. 5).

Если полученные нефологические статистические модели рассматривать по отдельным типам воздушных масс, тогда оказывается, что массы A, As, Pm и Pms (сравниваемые с собой парами) проявляют в разные времена года довольно значительные сходство. Особенно резко отличается от них воздух Ps во время зимы, если учтём участие видов облаков (табл. 5). Можно констатировать, что упомянутые различия зависят в большей степени от сменяющегося времени года, а меньше от разных типов воздушных масс.

Полученные числовые результаты для Польши, касающиеся облачности и видов облаков в отдельных типах воздушных масс, лишь частично согласуются с описательно-качественными данными, которые можно найти в литературе на эту тему. Полученные результаты являются несомненно — несмотря на оговорки, которые можно было бы предъявлять — более полными и значительно более точными. Это вытекает из их количественного характера а также из того факта, что в нынешней работе впервые представлен статистический образ нефологических отношений, формирующихся в разных воздушных массах одновременно во всей Польше. Полученные до сих пор данные относительно участия видов внутримассовых облаков (лишь спорадически обоснованные наблюдения главным образом из территории СССР) оперались, пожалуй, на теоретическом знании физических процессов, управляемых формированием облаков, без учёта модифицирующего действия земной поверхности и других климатических факторов. Особенно следует подчеркнуть большое участие облаков

Ci во внутримассовой облачности (по меньшей мере в условиях Польши — главным образом в воздухе Pc — весна, Pc — лето и Pc — осень), значительное участие облаков Sc и Ac почти во всех типах масс и не столь значительное, как иногда судили, участие облаков Cu и Cb (особенно последних) в холодных неустойчивых воздушных массах летом.

Нам кажется, что на основании полученных нефологических статистических моделей участия видов облаков в отдельных типах воздушных масс можно бы попытаться прогнозировать вид облаков и величину облачности в случаях залегания над Польшей определённой воздушной массы, а затем — относительно этих моделей — определять количественно правильность прогнозов. Полученный этим путём материал и опыт позволили бы, может быть, в будущем уточнить нефологические прогнозы в обстановках, составляющих в среднем около 17% дней в году.

ОБЪЯСНЕНИЯ РИСУНКОВ И ТАБЛИЦ

Рис. 1. Средняя общая внутримассовая облачность в Польше в разных типах воздушных масс по временам года.

Рис. 2. Графики показателя появления отдельных видов облаков во времена года по типам воздушных масс в Польше во время 1951—1960 г.

Рис. 3. Годовой ход (по временам года) показателя появления отдельных видов облаков в типах воздушных масс в Польше во время 1951—1960 гг.

Табл. 1. Средняя общая облачность (в %) в разных типах воздушных масс в Польше, по временам года в период 1951—1960 гг.

Табл. 2. Статистические модели появления отдельных видов облаков в разных типах воздушных масс в Польше, по временам года за 1951—1960 гг, полученные через вычисление показателя „WW” в % (28).

Табл. 3. Число и частота дней с облаками: Sc, Cu, Ac, Ci и St в разных типах воздушных масс и в разные времена года за 1951—1960 гг.

Табл. 4. Диапазон статистических моделей (амплитуда величины показателя „WW”) в разных типах воздушных масс в Польше, по временам года за 1951—1960 гг. (28).

Табл. 5. Коэффициенты подобия ρ' отдельных типов воздушных масс относительно участия выступающих в них видов облаков по временам года в Польше за 1951—1960 гг.

Табл. 6. Избранные коэффициенты подобия ρ' разных типов воздушных масс относительно участия выступающих в них видов облаков по временам года в Польше за 1951—1960 гг.

SUMMARY

During the period under investigation, i.e. the years 1951—1960, the maximum mean cloudiness was observed in different air masses in winter. The highest values in cloudiness in spring and summer were connected with Pm air mass, and in autumn — with Pm (old) mass. The lowest values in cloudiness in all seasons were recorded when Pc air occurred (Table 1, Fig 1).

Cloudiness within the mass in different types of air masses was composed of all genera of clouds in every season. However, in Poland the main role in this cloudiness within the air mass was played by four genera of clouds: Sc, Ci, Ac, Cu. In winter,

and in the case of Pc air also in autumn, the participation of St clouds increased considerably, though Sc clouds were likewise a dominating genus, even more so than in the other seasons (Table 2, Figures 2, 3).

The above-mentioned four dominant genera of clouds appeared over Poland almost every day, in summer — every day, when all the country was enveloped by a particular air mass. Cu clouds were also a fairly frequent component of the cloudiness within the air mass in winter, though they appeared in small quantities (Tables 2, 3).

The clouds which occurred most frequently in Pc air in spring, summer, and autumn were Ci clouds. As it is commonly known, these do not cause any significant diminishing of sun radiation; nevertheless, if they were eliminated from general cloudiness — as it has been sometimes suggested — the picture of sunny weather with few clouds, associated with Pc air and occurring in the three above-mentioned seasons, would be even clearer. The mean values of the index of Cu and Cb clouds occurrence (32) suggest that it was the Pm air which was the most unstable over Poland in summer, while Pc was the least unstable air in winter.

Different types of air masses in different seasons were relatively frequently composed of cloud genera which occurred in them in similar proportions; it should be noted that the closest similarity was displayed by all types of air masses (compared by pairs) in the relation: spring — summer; a somewhat lesser similarity (and not in all the types of air masses) in the relation: spring — autumn; a relatively low similarity (in all types of air masses) in the relation: winter — spring and winter — autumn; while the lowest similarity was always in the relation winter — summer. This indicates that the participation of cloud genera in cloudiness within the air mass in the two given types of masses differed most clearly in those two seasons of the year which are extreme as far as termic factors are concerned. (Table 5).

If the resulting statistic nephological models are examined with reference to particular types of air masses it becomes obvious that A, A (old), Pm and Pm (old) air masses (compared with each other by pairs) show considerable similarity in different seasons of the year. Pc air differs from them most strongly with respect to the participation of the different clouds which occur in it. This is most clearly observable in winter (Table 5). It can be stated that the above-mentioned differences increase in connection with the changing season rather than in connection with the different air masses.

The resulting statistic for Poland concerning the amount of cloudiness and the cloud genera in different types of air masses correspond only partly to the descriptive-qualitative data which can be found in the existing literature on the subject. The results obtained here are certainly fuller and much more precise in spite of all the objections that can be raised against them. Their superiority is due to their quantitative character as well as to the fact that our study presents for the first time a statistical picture of nephological relations occurring in different air masses simultaneously over the whole of Poland. Up till now data concerning the participation of cloud genera within the air mass m — supported only by fairly sporadic observations in the territories of the Soviet Union — were based rather on the theoretical knowledge of the physical processes governing cloud formation, while the modifying activity of the ground surface and other climatic factors were not taken into consideration. Particular stress should be put on the large participation of Ci clouds in cloudiness within the air mass (at least in Poland, chiefly in Pc-spring, Pc-summer and Pc-autumn air) as also on the large participation of Sc

clouds and Ac clouds in almost all types of masses and finally on smaller participation than it was sometimes supposed of Cu and Cb cloud — especially the latter — in cool, unstable air masses in summer.

It seems that on the basis of the obtained statistic nephological models of the participation of cloud genera in different types of air masses it might be possible to try to foresee the cloud genera and the amount of cloudiness in cases when a particular air mass spreads over Poland; next, with reference to these models success of the forecasts could be assessed statistically. The material which would thus be gathered and the experience would perhaps make it possible in the future to increase the precision of nephological forecasts in the situations which average 17 per cent of all the days in the year.

